

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni študij gradbeništva,
Prometna smer

Kandidatka:

Irena Strnad

Ocena parametrov modela izbire prometnega sredstva

Diplomska naloga št.: 3101

Mentor:
doc. dr. Marijan Žura

Ljubljana, 2010

POPRAVKI

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana IRENA STRNAD izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»OCENA PARAMETROV MODELA IZBIRE PROMETNEGA SREDSTVA«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 11. februar 2010

.....
(podpis)

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so pregledali učitelji prometne smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 519.61/.64:656(043.2)
Avtor: Irena Strnad
Mentor: doc. dr. Marijan Žura
Naslov: Ocena parametrov modela izbire prometnega sredstva
Obseg in oprema: 84 str., 12 pregl., 24 sl., 29 en., 3 pril.

Ključne besede: model izbire prometnega sredstva, anketa izražene preference, metoda največjega verjetja, uporabnostne funkcije

Izvodček

V diplomski nalogi je predstavljena ocena parametrov dveh modelov izbire prometnega sredstva in sicer multimodalnega logit in EVA 2 modela. Pri tem so obravnavana štiri različna prometna sredstva in pet različnih namenov potovanja.

Model izbire prometnega sredstva obravnava vedenjski vidik izbire prometnega sredstva in omogoča vgradnjo le-tega v model za napoved prometa. Model izbire prometnega sredstva zajema faktorje potovanj s posameznimi prometnimi sredstvi, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva in relativno pomembnost teh faktorjev za izbiro. Na podlagi znanih vrednosti faktorjev potovanj tako omogoča izračun deleža potovanj, opravljenih s posameznim prometnim sredstvom.

Za oceno parametrov modela izbire prometnega sredstva je potrebna baza podatkov, ki jo lahko pridobimo z izvedbo ustrezne ankete izražene preference. Na podlagi teh podatkov z uporabo metode največjega verjetja ocenimo parametre modela izbire prometnega sredstva.

Multimodalni logit model sestavljajo uporabnostne funkcije posameznega prometnega sredstva. Sestavljene so iz specifičnih konstant prometnih sredstev, faktorjev, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva, in njihovih koeficientov. Za vsak faktor je torej določen en parameter za vsak namen potovanja, poleg tega pa so določene še specifične konstante prometnih sredstev.

Model izbire prometnega sredstva EVA 2 sestavljajo nelinearne uporabnostne funkcije posameznih faktorjev, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva. Funkcijski zapis zahteva za vsak faktor oceno treh parametrov za vsak namen potovanja.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 519.61/.64:656(043.2)

Author: Irena Strnad

Supervisor: assist. prof. dr. Marijan Žura

Title: Mode choice model parameters estimation

Notes: 84 p., 12 tab., 24 fig., 29 eq., 3 ann.

Key words: mode choice model, stated preference survey, maximum likelihood method, utility functions

Abstract

The present work focuses on parameter estimation of two mode choice models: multinomial logit and EVA 2 model, where four different modes and five different trip purposes are taken into account.

Mode choice model discusses the behavioral aspect of mode choice making and enables its application to a traffic model. Mode choice model includes mode choice affecting trip factors by using each mode and their relative importance to choice made. When trip factor values are known, it enables calculation of trip mode shares.

In order to estimate mode choice model parameters input data are needed, which can be obtained with a stated preference survey. Using maximum likelihood method, parameter estimation of mode choice model using those data is performed.

Multinomial logit model consists of mode utility functions, which consist of mode specific constants, mode choice affecting factors and their coefficients. Estimation of one parameter is needed for each factor for each trip purpose, besides that, estimation of mode specific constants is needed too.

Mode choice model EVA 2 consists of non-linear parameter utility functions in which estimation of three parameters for each mode choice affecting factor for each trip purpose is needed.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Marijanu Žuri. Hvala tudi Simonu Detellbachu za pomoč pri sestavi ankete in vsem zaposlenim na inštitutu za prijetno delovno vzdušje.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, Mihi in prijateljem, ki so mi skozi vsa leta študija nudili pomoč in podporo.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	CILJI NALOGE IN UPORABLJENA METODOLOGIJA	3
3	ANKETA IZRAŽENE PREFERENCE	4
3.1	Teorija vzorčenja	4
3.1.1	Metode vzorčenja	4
3.1.2	Napaka vzorčenja in pristranskost vzorčenja	5
3.1.3	Pridobitev vzorca	6
3.1.4	Koncepti problema vzorčenja	6
3.1.5	Problem izvedbe	8
3.2	Napake v modeliranju in napovedovanju	8
3.2.1	Različni tipi napak	8
3.2.1.1	Napake meritve	9
3.2.1.2	Napake vzorčenja	10
3.2.1.3	Računalniške napake	10
3.2.1.4	Napake specifikacije	10
3.2.1.5	Napake v prenosu	11
3.2.1.6	Napake v agregaciji	11
3.3	Metode zbiranja podatkov	12
3.4	Vrste anket	13
3.4.1	Ankete po gospodinjstvih	13
3.4.2	Ankete na delovnih mestih	14
3.4.3	Obcestne ankete	14
3.4.3.1	Raziskave na kordonu	15
3.4.3.2	Raziskave na kontrolnih črtah	15
3.4.4	Raziskave potovalnih dnevnikov	15
3.5	Časovni okvir raziskovanja	15
3.6	Posebna določila za izvedbo ankete izražene preference	16
3.6.1	Atributi in alternative	18
3.6.2	Zasnova eksperimenta	19
3.6.3	Načini stimulacije	21

3.6.4	Identificiranje preferenc	21
3.6.5	Način vzorčenja	21
3.6.6	Realnost in kompleksnost analize	22
4	MODELI IZBIRE PROMETNEGA SREDSTVA	23
4.1	Modeli diskretne izbire prometnega sredstva	23
4.1.1	Multimodalni logit model izbire prometnega sredstva	23
4.1.2	Hierarhični logit model izbire prometnega sredstva	24
4.1.3	Drugi modeli izbire prometnega sredstva	25
5	IZVEDBA ANKET	27
5.1	Delni faktorski načrt	27
5.2	Oblika anket	29
5.3	Praktična izvedba anketiranja	34
6	UPORABNOSTNE FUNKCIJE	39
6.1	Izračun uporabnostnih funkcij s programom BIOGEME 1.8	39
6.1.1	Drugi uporabljeni načini specifikacije uporabnostnih funkcij	41
6.1.1.1	Enotni koeficient za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa	41
6.1.1.2	Alternativam specifičen koeficient za vpliv trajanja	42
6.1.1.3	Upoštevanje zasedenosti osebnega avtomobila	42
6.1.2	Pregled datotek za uporabo v programu BIOGEME 1.8	42
6.1.3	Uporabniški grafični vmesnik	44
6.1.4	Izhodne datoteke programa BIOGEME 1.8	45
6.1.4.1	Izključitev nepomembnih spremenljivk v rezultatih programa BIOGEME 1.8	46
6.2	Izračun uporabnostnih funkcij EVA 2	48
6.2.1	Postopek izračuna parametrov z metodo največjega verjetja	48
6.2.2	Izračun uporabnostnih funkcij v programu Microsoft Excel	48
7	REZULTATI	49
7.1	Različni tipi uporabnostnih funkcij	49
7.2	Ocena parametrov multimodalnega logit modela s programom BIOGEME 1.8	50
7.2.1	Uporabnostne funkcije	57

7.2.1.1	Uporabnostne funkcije za namen služba (izvorno ciljni skupini dom-služba in služba-dom)	58
7.2.1.2	Uporabnostne funkcije za namen šola (izvorno ciljni skupini dom-šola in šola-dom)	58
7.2.1.3	Uporabnostne funkcije za namen nakup (izvorno ciljni skupini dom-nakup in nakup-dom)	59
7.2.1.4	Uporabnostne funkcije za namen prosti čas (izvorno ciljni skupini dom-prosti čas in prosti čas-dom)	59
7.2.1.5	Uporabnostne funkcije za namen ostalo (izvorno ciljni skupini dom-ostalo in ostalo-dom)	60
7.3	Uporabnostne funkcije EVA 2	61
8	INTERPRETACIJA MODELOV IZBIRE PROMETNEGA SREDSTVA	66
8.1	Interpretacija rezultatov multimodalnega logit modela	66
8.2	Interpretacija rezultatov EVA 2 uporabnostnih funkcij	69
8.3	Primer vpliva spreminjanja faktorjev potovanja na verjetnost uporabe prometnih sredstev na konkretnem primeru potovanja	72
9	ZAKLJUČEK	82

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Faktorji in njihove stopnje	27
Preglednica 2: Stopnje spreminjanja faktorjev	31
Preglednica 3: Stopnje spreminjanja faktorjev v pilotni anketi	31
Preglednica 4: Anketirani po namenih in sredstvih	35
Preglednica 5: Anketirani po sredstvih in lastništvu osebnega avtomobila	36
Preglednica 6: Uporabljena imena za spremenljivke in specifične konstante	39
Preglednica 7: Parametri in logaritem funkcije verjetja vseh tipov uporabnostnih funkcij	49
Preglednica 8: Ocenjeni parametri uporabnostnih funkcij EVA 2	61
Preglednica 9: Parametri izbranega konkretnega potovanja	69
Preglednica 10: Verjetnost uporabe posameznega prometnega sredstva pri spreminjanju cene parkiranja	70
Preglednica 11: Faktorji izbranega potovanja	72
Preglednica 12: Verjetnosti izbire prometnih sredstev za konkretno potovanje	72

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Anketirani glede na namen	36
Grafikon 2: Anketirani po namenih in sredstvih	36
Grafikon 3: Anketirani po sredstvih in lastništvu osebnega avtomobila	37
Grafikon 4: Anketirani glede na izbiro prometnega sredstva	37
Grafikon 5: Anketirani glede na lastništvo osebnega avtomobila	38
Grafikon 6: Različni tipi uporabnostnih funkcij	49
Grafikon 7: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja vožnje z osebnim avtomobilom	62
Grafikon 8: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv potrebnega pešačenja pri uporabi osebnega avtomobila	62
Grafikon 9: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv cene parkiranja	62
Grafikon 10: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja vožnje z javnim prometnim sredstvom	63
Grafikon 11: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv potrebnega pešačenja pri uporabi javnega prometnega sredstva	63
Grafikon 12: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv cene javnega prometa	63
Grafikon 13: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv frekvence javnega prometa	64
Grafikon 14: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja potovanja s kolesom	64
Grafikon 15: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja potovanja peš	64
Grafikon 16: Vpliv cene parkiranja za konkretno potovanje	71
Grafikon 17: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z osebnim avtomobilom - EVA 2	73
Grafikon 18: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z osebnim avtomobilom – multimodalni logit model	73
Grafikon 19: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila – EVA 2	74
Grafikon 20: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila – multimodalni logit model	74
Grafikon 21: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno parkiranja – EVA 2	75

Grafikon 22: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno parkiranja – multimodalni logit model	75
Grafikon 23: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom – EVA 2	76
Grafikon 24: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom – multimodalni logit model	76
Grafikon 25: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa– EVA 2	77
Grafikon 26: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa– multimodalni logit model	77
Grafikon 27: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno javnega prometa– EVA 2	78
Grafikon 28: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno javnega prometa - multimodalni logit model	78
Grafikon 29: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja s kolesom – EVA 2	79
Grafikon 30: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja s kolesom – multimodalni logit model	79
Grafikon 31: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja peš – EVA 2	80
Grafikon 32: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja s kolesom – multimodalni logit model	80

KAZALO SLIK

Slika 1: Hierarhični logit model	24
Slika 2: Začetna forma ankete	29
Slika 3: Primer ankete – vnos parametrov potovanja	32
Slika 4: Primer ankete – vnos parametrov za alternative	33
Slika 5: Primer ankete – situacija 1	33
Slika 6: Primer ankete – situacija 5 je kontrolna situacija	34
Slika 7: Primer podatkovne datoteke	43
Slika 8: Specifikacijski model	44
Slika 9: Uporabniški grafični vmesnik	45
Slika 10: Izračunani koeficienti za namen služba s specifikacijskim modelom specifikacija.mod	50
Slika 11: Popravljeni specifikacijski model za namen služba z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk	51
Slika 12: Izračunani koeficienti za namen služba s popravljenim specifikacijskim modelom	51
Slika 13: Izračunani koeficienti za namen šola s specifikacijskim modelom specifikacija.mod	52
Slika 14: Popravljeni specifikacijski model za namen šola z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk	52
Slika 15: Izračunani koeficienti za namen šola s popravljenim specifikacijskim modelom	53
Slika 16: Izračunani koeficienti za namen nakup s specifikacijskim modelom specifikacija.mod	53
Slika 17: Popravljeni specifikacijski model za namen nakup z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk	54
Slika 18: Izračunani koeficienti za namen nakup s popravljenim specifikacijskim modelom	54
Slika 19: Izračunani koeficienti za namen prosti čas s specifikacijskim modelom specifikacija.mod	55

Slika 20: Popravljeni specifikacijski model za namen prosti čas z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk	55
Slika 21: Izračunani koeficienti za namen prosti čas s popravljenim specifikacijskim modelom	56
Slika 22: Izračunani koeficienti za namen ostalo s specifikacijskim modelom specifikacija.mod	56
Slika 23: Popravljeni specifikacijski model za namen ostalo z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk	57
Slika 24: Izračunani koeficienti za namen ostalo s popravljenim specifikacijskim modelom	57

KAZALO PRILOG

Priloga A: Enotni koeficient za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa	85
Priloga B: Enotni koeficient za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa	87
Priloga C: Upoštevanje zasedenosti osebnega avtomobila	90

1 UVOD

Model izbire prometnega sredstva obravnava vedenjski vidik izbire prometnega sredstva in omogoča vgradnjo le-tega v model za napoved prometa. Model izbire prometnega sredstva vključuje faktorje potovanj s posameznimi prometnimi sredstvi, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva in relativno pomembnost teh faktorjev za izbiro prometnega sredstva. Na podlagi znanih vrednosti faktorjev potovanj tako omogoča izračun deleža potovanj, opravljenih s posameznim prometnim sredstvom.

V diplomski nalogi sta predstavljeni oceni parametrov dveh modelov izbire prometnega sredstva in sicer multimodalnega logit in EVA 2 modela. Pri tem so obravnavana štiri različna prometna sredstva (osebni avtomobil, javni promet, kolo, peš) in pet različnih namenov potovanja (služba, šola, nakup, prosti čas, ostalo).

Upoštevanih je pet faktorjev potovanja z javnim prometnim sredstvom in sicer pogostost prihodov vozil javnega prometa (frekvenca), trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom, potrebno pešačenje do in od postaje javnega prometnega sredstva, udobje in cena vozovnice javnega prometnega sredstva. Za potovanje z osebnim avtomobilom so upoštevani trije faktorji in sicer trajanje vožnje z osebnim avtomobilom, potrebno pešačenje od parkirišča do cilja in cena parkiranja. Za potovanja s kolesom in peš pa sta upoštevana po en faktor in sicer trajanje potovanja s kolesom oziroma peš.

Za oceno parametrov modela izbire prometnega sredstva je potrebna baza podatkov, ki jo lahko pridobimo z izvedbo ustrezne ankete izražene preference. Na podlagi teh podatkov pa z uporabo metode največjega verjetja ocenimo parametre modela izbire prometnega sredstva.

Multimodalni logit model sestavljajo uporabnostne funkcije posameznega prometnega sredstva. Sestavljene so iz specifičnih konstant prometnih sredstev, faktorjev, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva, in njihovih koeficientov. Za vsak faktor je torej določen en parameter za vsak namen potovanja, poleg tega pa so določene še specifične konstante prometnih sredstev.

Model izbire prometnega sredstva EVA 2 sestavljajo nelinearne uporabnostne funkcije posameznih faktorjev, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva. Funkcijski zapis zahteva za vsak faktor oceno treh parametrov za vsak namen potovanja.

2 CILJI NALOGE IN UPORABLJENA METODOLOGIJA

Cilj diplomske naloge je izdelava primerne ankete izražene preference in ocena parametrov modela izbire prometnega sredstva. Rezultat ocene parametrov modela izbire prometnega sredstva so uporabnostne funkcije v takšni obliki, da je možna vgradnja v obstoječi prometni model.

V okviru naloge sem v ta namen izdelala pregled teoretičnega ozadja metod ankete izražene preference in ocene parametrov multimodalnega logit modela in modela EVA 2. Modela izbire prometnega sredstva sem predstavila s pomočjo konkretnega primera izvedbe ankete izražene preference in ocene parametrov obeh modelov izbire prometnega sredstva na območju Ljubljane.

Za oceno parametrov multimodalnega logit modela je uporabljeno programsko orodje BIOGEME 1.8, medtem ko je ocena parametrov modela izbire prometnega sredstva EVA 2 izračunana v programu Microsoft Excel s pomočjo programske opreme Evolver 5.5 (Palisade Decision Tools). Za oceno parametrov je v obeh primerih uporabljena metoda največjega verjetja (maximum likelihood method).

3 ANKETA IZRAŽENE PREFERENCE

Podlaga za raziskovanje izbire prometnega sredstva je teorija zbiranja podatkov in njihove uporabe v modeliranju prometa. V ta namen bo prikazana statistična teorija vzorčenja in metode zbiranja podatkov.

3.1 Teorija vzorčenja

Podatke pridobimo z opazovanjem vzorca, vzetega iz populacije, ki je ni možno opazovati v celoti iz ekonomskih ali tehničnih razlogov. Opazujemo enega ali več atributov vzorca, iz povprečja teh atributov pa potem sklepamo na celotno populacijo. Cilj vzorčenja je zagotoviti, da bodo podatki, ki jih pridobimo, dali kar najbolj uporabno informacijo o populaciji. Iz tega izhajata dva problema in sicer zagotavljanje reprezentativnega vzorca in pa, kako izvleči veljavne sklepe iz vzorca. V zvezi s tem sta pomembni dve osnovni definiciji:

- Vzorec je zbirka enot, ki je posebej izbrana za predstavitev večje populacije z določenimi atributi, ki nas zanimajo.
- Populacija zanimanja je celotna skupina, o kateri iščemo informacije. Zgrajena je iz individualnih elementov, vzorec pa je izbran na osnovi enot vzorčenja.

3.1.1 Metode vzorčenja

Večina sprejemljivih metod temelji na naključnem vzorčenju. Ključno v teh primerih je to, da je izbor vsake enote neodvisen, torej ima vsaka enota enako verjetnost, da bo vključena v vzorec. Najbolj uporabne metode so:

- Preprosto naključno vzorčenje (Simple random sampling)

To je najenostavnejša metoda in predstavlja osnovo vseh ostalih. Sestavljena je iz dodelitve identifikacijske številke vsaki enoti populacije in naključnega izbora teh števil za sestavo vzorca. Problem je, da so lahko zahtevani močno preveliki vzorci za zagotovitev zadostnih podatkov o manjšinah.

- Stratificirano naključno vzorčenje (Stratified random sampling)

Tu najprej uporabimo vnaprej znane informacije, da razdelimo populacijo v homogene skupine, znotraj katerih potem izvedemo preprosto naključno vzorčenje z uporabo enake stopnje vzorčenja. Metoda omogoča, da so upoštevani pravi deleži vsake skupine v vzorcu, kar je pomembno predvsem, kjer so relativno majhne podskupine v populaciji, katere bi lahko bile spregledane v preprostem naključnem vzorcu.

- Vzorčenje na osnovi izbire (Choice-based sampling)

Stratificirano vzorčenje ne pride v poštev, če so potrebni podatki o opcijah z majhno verjetnostjo izbire v populaciji. V teh primerih je potrebna tretja metoda – vzorčenje na osnovi izbire. Metoda je sestavljena iz stratificiranja populacije, ki temelji na procesu izbire. Glavna prednost je, da lahko podatke pridobimo veliko ceneje kot z drugimi metodami, glavna pomanjkljivost pa je, da tako formiran vzorec lahko ni naključen in zato obstaja tveganje, da bo v sklepanju na populacijo pristranskost večja (povzeto po Ortúzar in Willumsen, 1999).

V primeru ankete izražene preference za pridobitev podatkov o izbiri prometnega sredstva je uporabljeno vzorčenje na osnovi izbire. Za ustrezen model izbire prometnega sredstva je potrebno zajeti uporabnike vseh alternativ, vzorec pa mora biti dovolj velik za potovanja z vsakim namenom, tudi v primeru manj pogoste uporabe določenih alternativ ali manj pogostega namena potovanj. Vzorec mora biti torej ustrezno sestavljen na osnovi izbire posameznikov .

3.1.2 Napaka vzorčenja in pristranskost vzorčenja

Napaka vzorčenja in pristranskost vzorčenja sta dva tipa napak, ki se lahko pojavita v postopku sestave vzorca, in skupaj prispevata k napaki meritve podatkov.

Napaka vzorčenja nastane, ker se ukvarjamo z vzorcem in ne s celotno populacijo, zato bo vedno prisotna zaradi naključnosti. Ta napaka ne vpliva na pričakovane povprečne vrednosti parametrov, vpliva samo na variabilnost okoli le-teh. Tako določa stopnjo zaupanja, ki jo lahko povežemo s povprečnimi vrednostmi in je pravzaprav funkcija velikosti vzorca in variabilnosti parametra, ki ga raziskujemo.

Pristranskost vzorčenja nastane zaradi napak med definiranjem populacije zanimanja ali napak pri izbiri metode vzorčenja, tehnike zbiranja podatkov ali med katerim drugim delom procesa. Pristranskost vzorčenja pa ne vpliva samo na variabilnost okoli povprečnih vrednosti parametra ampak tudi na same vrednosti, zato povzroča hujše izkrivljanje rezultatov raziskave. Medtem, ko se napaki vzorčenja ne moremo izogniti (lahko jo samo zmanjšamo s povečanjem vzorca), lahko pristranskost vzorčenja eliminiramo s posebno pazljivostjo med različnimi koraki sestavljanja vzorca in zbiranja podatkov (povzeto po Ortúzar in Willumsen, 1999).

Glede na to, da je v anketi izražene preference za namen raziskovanja izbire prometnega sredstva uporabljeno vzorčenje na osnovi izbire, je potrebno omeniti, da vzorec ne bo povsem naključen. Vendar pa ni pričakovati večjega izkrivljanja rezultatov, saj so uporabnostne funkcije razvite posebej za vsak namen in za vsako prometno sredstvo, kar pomeni, da tako pridobljeni rezultati ne bodo posplošeni na vse potnike, ampak le na ustrezne podskupine.

3.1.3 Pridobitev vzorca

Zadnja stopnja v procesu vzorčenja je izbira naključnih enot v vzorec. Čeprav so resnično naključni procesi samo tisti fizične narave (npr. met kovanca), takšni procesi zaradi potrate časa ne bi bili uporabni. V vzorčenju se zato uporabljajo pseudo-naključni procesi, ki so zmožni hitro in preprosto generirati množico naključnih števil.

3.1.4 Koncepti problema vzorčenja

Končni cilj jemanja vzorcev je kalibracija modela izbire za celotno populacijo. P in f označujeta karakteristike populacije in vzorca. Vsako opazovanje vzorca opišemo na podlagi naslednjih dveh spremenljivk:

i = opazovana izbira posameznika v vzorcu,

\mathbf{X} = vektor karakteristik (atributov) posameznika (npr. starost, spol, prihodek, lastništvo avtomobila) in alternativ, ki jih lahko izbere (pešačenje, čakanje in potovalni čas, stroški).

Predpostavimo še, da lahko proces izbire v populaciji predstavimo z modelom s parametrom θ , v tem primeru je skupna distribucija i -jev in \mathbf{X} -ov dana z $P(i, \mathbf{X} / \theta)$ in verjetnost izbire alternative i med skupino opcij z atributi \mathbf{X} z $P(i/\mathbf{X},\theta)$.

Vzorec bo imel svojo lastno distribucijo i -jev in \mathbf{X} -ov, kar bomo označili z $f(i,\mathbf{X}/\theta)$. Na osnovi tega lahko formiramo problem vzorčenja.

Naključni vzorec

V tem primeru naj bi bili distribuciji i -jev in \mathbf{X} -ov identični, torej:

$$f(i, \mathbf{X} / \theta) = P(i, \mathbf{X} / \theta) \quad (1)$$

Stratificiran vzorec

V tem primeru vzorec ni naključen zaradi nekaterih neodvisnih spremenljivk modela izbire. Proces vzorčenja je definiran s funkcijo $f(\mathbf{X})$, to je verjetnost, da najdemo opazovanje s karakteristikami \mathbf{X} . V populaciji je ta verjetnost seveda $P(\mathbf{X})$. Distribucija i -jev in \mathbf{X} -ov v vzorcu je torej dana z izrazom:

$$f(i, \mathbf{X} / \theta) = f(\mathbf{X}) P(i/\mathbf{X}, \theta) \quad (2)$$

Vzorec na osnovi izbire

V tem primeru je procedura vzorčenja definirana s funkcijo $f(i)$, to je verjetnost, da najdemo opazovanje, ki izbere opcijo i . Distribucija i -jev in \mathbf{X} -ov v vzorcu je zdaj podana z izrazom:

$$f(i, \mathbf{X} / \theta) = f(i) P(\mathbf{X}/i, \theta) \quad (3)$$

Na osnovi Bayes-ovega teorema in z domnevanjem diskretnega \mathbf{X} dobimo končen izraz:

$$f(i, \mathbf{X} / \theta) = \frac{f(i)P(i/\mathbf{X},\theta)P(\mathbf{X})}{\sum_{\mathbf{X}} P(i/\mathbf{X},\theta)P(\mathbf{X})} \quad (4)$$

in služi za ilustracijo ne samo tega, da je vzorčenje na osnovi izbire bolj problematično kot drugi dve metodi, ampak tudi tega, da ima večji potencial za pristranskost v izbiri.

Vsaka od metod vzorčenja nam tako v splošnem da drugo distribucijo vzorca. Za populacijo kot celoto lahko verjetnost, da dejansko opazimo dano skupino podatkov, dobimo z izračunom verjetnosti, da izberemo opazovano opcijo različnih tipov potnikov (z danimi atributi in možnimi izbirami). Le-ta je enaka pri preprostem naključnem vzorcu in pri stratificiranem vzorcu. Ni pa tako v vzorcih na osnovi izbire, saj tu dobimo popolnoma

drugačen rezultat. Obstaja metoda za uporabo podatkov iz vzorcev na osnovi izbire v oceni modelov, s katero se izognemo pristranskosti, a zato je potrebno poznati dejanske deleže. Opazovanja je namreč potrebno utežiti s faktorji, ki jih izračunamo kot:

$$\frac{P(\text{izberemo opcijo v naključnem vzorcu})}{P(\text{izberemo opcijo v vzorcu na osnovi izbire})} \quad (5)$$

3.1.5 Problem izvedbe

Stratificirano vzorčenje in vzorčenje na osnovi izbire zahtevata naključno vzorčenje znotraj vsake skupine, zato je najprej potrebno izolirati pomembne skupine.

Tudi če je možno izolirati vse subpopulacije in ustvariti ustrezne skupine, je včasih težko zagotoviti naključen vzorec v vsaki skupini. Če želimo narediti vzorec na osnovi izbire med potniki v mestu, bomo morali intervjuvati uporabnike avtobusov in vlakov in zato se je najprej potrebno odločiti, katere poti bodo vključene v vzorec. Problem je, da imajo lahko nekatere poti višji delež študentov in/ali upokoencev, kar lahko povzroči pristranskost.

3.2 Napake v modeliranju in napovedovanju

Statistične procedure, ki jih normalno uporabljamo v modeliranju za zahteve prometa, predvidevajo, da je natančna funkcijska specifikacija modela znana vnaprej, pa tudi da podatki, uporabljeni za oceno parametrov modela nimajo napak, kar pa v praksi ni realno.

Pomembno je razlikovati med različnimi tipi napak, predvsem:

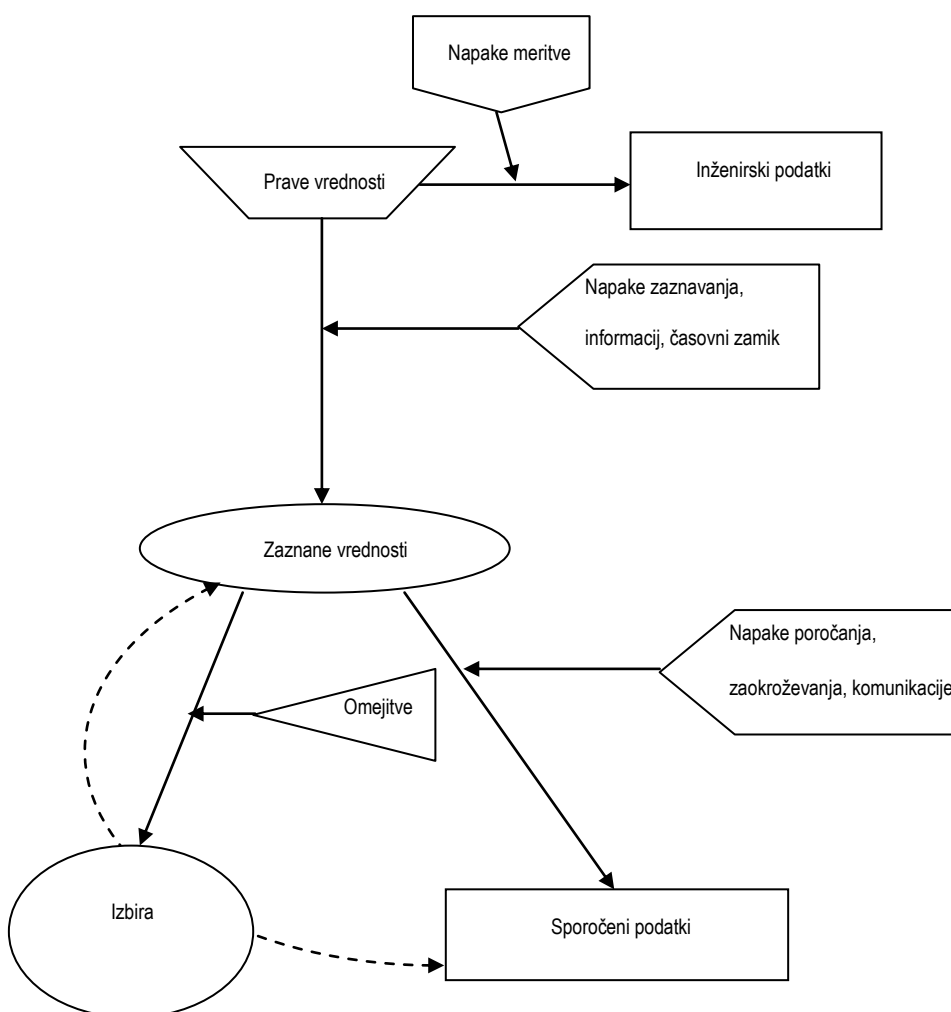
- tistimi, ki bi lahko povzročile, da celo pravilen model da nepravilno napoved npr. napake v napovedi pojasnjevalnih spremenljivk, napake prenosa in agregacije in
- tistimi, ki povzročajo napačne modele npr. napake meritev, napake vzorčenja in specifikacije.

3.2.1 Različni tipi napak

Med procesom sestavljanja in kalibriranja modela ter napovedovanja lahko pride do napak meritve, napak vzorčenja, računalniških napak, napak v specifikaciji, napak v prenosu in napak v agregaciji.

3.2.1.1 Napake meritve

Napake meritve nastanejo zaradi nenatančnosti v merjenju podatkov, kot npr. slabo razumljena vprašanja s strani anketiranca. Te napake lahko reduciramo z izboljšanjem zbiranja podatkov (npr. z uporabo primerne računalniške podpore za anketo) ali z dodelitvijo več virov za kontrolo kvalitete podatkov. Napake meritev moramo razumeti ločeno od težavnosti pri definiranju spremenljivk, ki jih moramo izmeriti. Kompleksnost, ki lahko nastane, je prikazana na spodnji sliki.



Slika: Atributi meritve in izbire (Ortúzar in Willumsen, 1999, str. 68)

Modeliranje bi moralo biti zasnovano na informacijah, ki jih zaznavajo individualni potniki, a medtem ko lahko dajo podatki neko informacijo o zaznavanju, nastane vprašanje, kako

napovedati, kaj bodo potniki zaznavali v prihodnosti. Zato je neizogibno, da vsebujejo modeli tudi napake zaznavanja, ki so večje za neizbrane možnosti zaradi pristranskosti potnikov pri odločanju, kaj bi izbrali (attribute izbrane opcije zaznamo boljše, kot so v resnici in attribute neizbrane opcije slabše, kot dejansko so, kot okrepitev racionalnosti naše izbire).

3.2.1.2 Napake vzorčenja

Napake vzorčenja nastanejo, ker morajo biti modeli ocenjeni z uporabo podatkovnih baz. Napake vzorčenja so približno obratno sorazmerne kvadratnemu korenu števila opazovanj, torej če hočemo prepoloviti napake, moramo kvadrirati velikost vzorca. Reduciranje teh napak je torej precej drago.

3.2.1.3 Računalniške napake

Računalniške napake nastanejo, ker so modeli običajno zasnovani na iterativnih procedurah, za katere natančna rešitev, tudi če obstaja, ni bila najdena iz stroškovnih razlogov. Te napake so tipično majhne v primerjavi z drugimi, razen v primerih dodelitve zastavljeni mreži in problemih izravnave med zalogami in zahtevami v celotnih sistemih modelov, kjer so lahko zelo velike.

3.2.1.4 Napake specifikacije

Napake specifikacije nastanejo, ker fenomen modeliranja ni dobro razumljen ali ker ga moramo iz kakršnihkoli razlogov poenostaviti. Pomembni podrazredi tega tipa napak so:

- a) Vključenost nepomembne spremenljivke (tiste, ki ne vpliva na modeliran proces izbire). Ta napaka ne bo povzročala pristranskosti za model in tudi ne za napoved, če se parametri pojavljajo v linearni obliki, bo pa povečevala napako vzorčenja. V nelinearnem modelu pa lahko povzroči tudi pristranskost.
- b) Opustitev pomembne spremenljivke je verjetno najbolj pogost problem specifikacije. Problemi nastanejo, ko je opuščena spremenljivka povezana s spremenljivkami v modelu ali, ko je njena distribucija v populaciji drugačna kot njena distribucija v vzorcu, uporabljenem za model.
- c) Izključitev variacij okusa na delu posameznikov, kar povzroči pristranske modele. Na žalost se to zgodi v večini praktičnih primerov modelov izbire.

- d) Ostale napake specifikacije, večinoma uporaba oblike modelov, ki je neprimerna, npr. linearne funkcije za predstavitev nelinearnih efektov, uporaba kompenzacijskih modelov za opisovanje vedenja, ki je lahko nekompenzacijsko ali izpustitev efektov, kot so navade in vztrajnost (povzeto po Ortúzar in Willumsen, 1999).

Programsko orodje BIOGEME 1.8 omogoča enostavno redukcijo napake specifikacije, ki nastane zaradi vključenosti nepomembne spremenljivke v modelu izbire prometnega sredstva, saj z vrednostjo t-testa nakaže nepomembne spremenljivke, katere je potrebno za natančnejše rezultate v nadaljevanju izključiti iz specifikacije. Statistični t-test bo podrobno obrazložen v poglavju 6.1.4.1 Izključitev nepomembnih spremenljivk v rezultatih programa BIOGEME 1.8.

3.2.1.5 Napake v prenosu

Napake v prenosu se pojavijo, ko model, ki je bil razvit v enem kontekstu (času in/ali prostoru), uporabimo v drugem kontekstu.

3.2.1.6 Napake v agregaciji

Nastanejo iz potrebe, da napovedujemo za skupine ljudi, čeprav moramo narediti model na individualni ravni, da bi boljše zajeli vedenje. Pomembne podskupine napak v agregaciji so:

- Agregacija podatkov

V večini praktičnih študij so uporabljeni podatki za definicijo situacije izbire individualnih potnikov združeni v nekakšno obliko. Tudi ko vprašamo potnike po karakteristikah opcij, ki jih imajo na voljo, lahko utemeljijo svojo izbiro samo na predvidenih vrednostih teh karakteristik. Ko delamo modele mreže, smo soočeni z agregacijo po poteh, po odhodnih časih in celo po conah. To pomeni, da so tako dobljene vrednosti za pojasnjevalne spremenljivke v najboljšem primeru povprečja za skupine potnikov in ne točne vrednosti za določenega posameznika. Modeli, ocenjeni z agregacijo podatkov, bodo prav tako podvrženi neki obliki napake specifikacije. Če hočemo reducirati ta tip napake v agregaciji, bi morali izvajati meritve pod mnogo več okoliščin; več con, več odhodnih časov, več poti, več

socialno-ekonomskih kategorij, kar bi zahtevalo dodaten čas in denar in bi povečalo kompleksnost modela.

- Agregacija alternativ

Zaradi praktičnih razlogov ni izvedljivo zavzeti celotnega razpona opcij, ki so vsakemu potniku na voljo. V primeru izbire prometnega sredstva je prisotna agregacija zaradi velike raznolikosti, ki jih vključuje opcija izbire enega prometnega sredstva, saj so različni tipi prometnih sredstev, npr. avtobusa, le redko obravnavani kot različne izbire.

- Agregacija modela

Agregacija modela povzroči številne težave, razen v primeru linearnih modelov, kjer je problem trivialen. Agregirane količine so osnovni rezultati v prometnem planiranju. Vendar pa metode, s katerimi jih dobimo, vsebujejo napake agregacije, katerim se je pogosto nemogoče izogniti.

3.3 Metode zbiranja podatkov

Praktične ovire imajo velik vpliv na določanje najbolj primernega tipa ankete za dano situacijo. V nadaljevanju bodo opisane nekatere najbolj tipične praktične omejitve v prometnih študijah.

Trajanje študije

Trajanje študije je zelo pomembno, saj indirektno določi, koliko časa in truda je potrebno žrtvovati za pridobivanje podatkov. Zelo pomembno je doseči uravnovešeno študijo, da se izognemo vse pre pogostih problemov, ko največji delež proračuna porabimo za zbiranje podatkov, analizo in validacijo le-teh.

Meje študijskega območja

Pomembno je, da ignoriramo formalne politične meje in se koncentriramo na celotno področje, ki nas zanima.

Viri za študijo

Pomembno je točno vedeti, koliko osebja in na kakšni stopnji bo dosegljivo za študijo, kakor tudi če bodo dosegljive računalniške možnosti in kakšne bodo omejitve za njihovo uporabo. V splošnem bi morali biti čas, ki je na voljo za študijo in viri za študijo sorazmerni s pomembnostjo odločitev, ki jih moramo narediti. Dražji ko je strošek napačne odločitve, več virov je potrebno nameniti.

Obstaja več zadržkov od fizičnih (velikost in topografija okolice) pa do socialnih in okoljskih (nenaklonjenost populacije nekaterim tipom vprašanj), na katere moramo računati in vplivajo na sestavo vzorca.

Splošni praktični problem je ta, da so potniki velikokrat nejevoljni odgovarjati na ankete. Odgovarjanje na vprašanja vzame čas in ga nekateri razumejo kot kršitev zasebnosti. Zaradi tega lahko odločno zavrnejo odgovor ali pa dajejo preveč posplošene odgovore.

3.4 Vrste anket

V tem podpoglavju so predstavljene nekatere vrste anket, katerih uporaba je pogosta v prometnem inženirstvu.

3.4.1 Ankete po gospodinjstvih

Z anketo po gospodinjstvih dobimo podatke o izvorih in ciljnih potovanj, ki se začnejo znotraj študijskega območja. Velikost vzorca je odvisna od števila prebivalcev. Vzorec izberemo naključno iz seznamov, kot so volilni imeniki, telefonski imeniki, seznamami naročnikov itd.

Problemi anketiranja o izvorih potovanj po gospodinjstvih ali delovnih mestih so:

- meri se predvsem povprečno in ne dejansko vedenje posameznikov,
- raziskati je mogoče le del posameznikovih potovanj,
- anketiranec večinoma poda samo oceno nekega podatka (npr. potovalni čas).

Ugotovljeno je bilo, da so spremenljivke pridobljene iz klasičnih raziskav, za izvore potovanj (npr. spremenljivke povezane s časom ali razdaljo in tudi strošek potovanj) neustrezne, če jih

primerjamo s tistimi, ki so bile merjene objektivno. Posamezniki pogosto določene vrednosti precenijo (npr. čakanje avtobusa na postajališču). Zato zasnova takih raziskav pogosto kaže subjektivno dojetje spremenljivk, kar pa je pomemben dejavnik pri izbiri prometnega sredstva.

Zato bi bilo koristno, da se informacije o obnašanju potovanj ne bi določale na splošno (kot povprečne vrednosti), ampak kot konkretne referenčne vrednosti.

3.4.2 Ankete na delovnih mestih

Primerna metoda za ugotavljanje potovanj na delo je uporaba anket po delovnih mestih, ki pa je delodajalcem manj zaželeno. Primeren čas za opravljanje tega tipa anket je med delovnim časom.

3.4.3 Obcestne ankete

Te vrste anket nudijo uporabne informacije o potovanjih, ki niso bila zabeležena v anketah po gospodinjstvih (npr. potovanja, ki imajo izvor in cilj izven doma). Navadno so take oblike anketiranja boljše, če le je mogoč dovolj velik vzorec. Podatki pridobljeni na ta način se lahko uporabijo za potrjevanje in dopolnjevanje podatkov pridobljenih v gospodinjstvih.

Obcestne ankete zajemajo anketiranje določenega vzorca voznikov, sopotnikov ali potnikov (v osebnih vozilih ali javnem prometnem sredstvu), ki prečkajo mesto anketiranja.

Pri tem načinu zbiranja podatkov je zelo pomembna organiziranost in načrtovanje, da bi se kar se le da izognili morebitnim zamudam, zagotovili varnost in pridobili čim bolj natančne podatke. Potrebna je določitev primernege mesta, sodelovanje s policijo, osvetljevanje in nadzor.

Na terenu se ustrezno število vozil ustavlja slučajno. Anketiranci odgovarjajo na vprašanja o izvoru in cilju potovanja ter namenu. V primeru javnega prometa bi bilo to bolj zahtevno, saj bi potrebovali kaj nekaj časa, da bi na zaustavljenem vozilu anketirali vse potnike. Zato se v primeru javnega prometa, potnike anketira na premikajočem vozilu. Problemi pa nastanejo, kadar je vozilo prenatrpano.

3.4.3.1 Raziskave na kordonu

Takšne raziskave nam dajo koristne informacije o tranzitnih in izvorno-ciljnih potovanjih. Cilj je določiti število potovanj, ki vstopijo, zapustijo in/ali prečkajo območje kordona. S tem lahko dopolnujemo podatke, ki smo jih pridobili iz gospodinjestev. Glavni podatki so pridobljeni na zunanjih kordonih, lahko pa bi jih dobili tudi na notranjih. Da bi se izognili zamudam, se včasih ustavi določen vzorec vozil, kateremu se izroči kratek vprašalnik, ki ga lahko vrnejo po pošti. Za boljši odziv se večinoma v vprašalnike daje omejeno število vprašanj (zasedenost vozila, namen, izvor, cilj in prevozno sredstvo).

3.4.3.2 Raziskave na kontrolnih črtah

Pri tem načinu raziskave, razdelimo območje na večje naravne cone (npr. cone, ločene z rekami) z nekaj vmesnimi kontrolnimi točkami. Raziskava poteka podobno kot tista na kordonu in prav tako dopolnjuje podatke, ki smo jih pridobili z anketami po gospodinjestvih.

3.4.4 Raziskave potovalnih dnevnikov

Ankete so podobne tistim, ki jih izvajamo po gospodinjestvih, le da so bolj natančne. Ankete so izročene vsakemu članu gospodinjestva posebej v času raziskave. Potovalne dnevnike naj bi vsak sodelujoči v raziskavi sproti izpolnjeval sam, glede na potovanja, ki jih opravi tekom dneva. Namen prvega obiska v vsakem gospodinjestvu, ki sodeluje v raziskavi, je pojasniti in predstaviti dnevnik in pridobiti socialno-ekonomske podatke. Vsakemu posamezniku se jasno pojasni način izpolnjevanja dnevnika z namenom, da bo ta podrobno odgovarjal na vprašanja. Izroči se mu več izvodov, če se vaja ponavlja tekom tedna. Drugi obisk v gospodinjestvu je na zadnji dan raziskovanja (t.j. 24 ur kasneje, če je trajanje raziskovanja 1 dan). Namen tega obiska je zbiranje izpolnjenih dnevnikov vsakega sodelujočega.

3.5 Časovni okvir raziskovanja

Primeren čas je odvisen od ciljev raziskovanja. Običajno se za določanje obnašanja potnikov vzame tipičen delovni dan. Izkušnje so pokazale, da je najbolj primeren letni čas pomlad ali jesen, saj je poleti večinoma manj potovanj zaradi potovanj zaradi počitnic, zima pa ni primerna, saj klimatske razmere lahko povzročijo netipično obnašanje.

Ker smo predpostavili, da se raziskave izvajajo na tipičen delovni dan, to izključi ponedeljke in petke, saj je v teh dneh navadno povečana ali zmanjšanja stopnja prihodov na delo. Glede na dosedanje izkušnje iz mnogih držav, je za anketiranje po gospodinjskih najbolj primeren čas med 18:00 in 21:00, saj je takrat večina ljudi doma. Izvedba anketiranja po delovnih mestih je najbolj primerna med delovnim časom. Primeren čas raziskovanja za druge tipe anket je odvisen od namena potovanj.

Idealno bi bilo, da bi bili vsi sodelujoči zaslišani v enem dnevu, da bi pridobili realen prikaz stanja prejšnjega dne. Zaradi velikega števila anketirancev pa se je uveljavil postopek izvajanja anket v nekaj dneh znotraj obdobja raziskovanja. To omogoča, da anketiramo relativno majhno skupino anketirancev naenkrat, za katere si lahko vzamemo več časa in jih lažje nadzorujemo. Takšna skupina je zato boljši pokazatelj dejanskega stanja.

3.6 Posebna določila za izvedbo ankete izražene preference

Anketa izražene preference IP (stated preference survey) je razmeroma nova tehnika zbiranja podatkov v prometnem planiranju.

Prejšnje obravnave so bile opravljene s posrednimi predpostavkami, da vsaka izbira podatkov ustreza opazovanim preferencam OP (revealed preference survey), t.j. podatki o dejanskih opaženih izbirah posameznikov. Vendar so podatki, pridobljeni z opazovanji, redki, potrebna pa so tudi velika finančna sredstva. Poleg tega so zbrani podatki zgolj informacije o končnih odločitvah posameznikov.

Opazovanje preference potnikov ima tudi določene omejitve:

- a) Opazovanje dejanskih odločitev nam morda ne nudi zadovoljivih ugotovitev za izdelovanje dobrega modela za vrednotenje in napovedovanje. Značilnosti, kot so potovalni čas in stroški, so v vzorcu lahko medsebojno povezane, zato je težko ločiti njihov namen v modelu in torej tudi za namene napovedovanja.
- b) Na dejanske odločitve lahko pomembno vpliva le nekaj dejavnikov, zato je težko ugotoviti pomembnost drugih, predvsem manj pomembnih dejavnikov. Ta problem se predvsem pojavi pri sekundarnih spremenljivkah, kot so informacijske

storitve javnega prometa, varnost itn. Določevanje takšnih atributov lahko precej stane, zato je smotno prej ugotoviti, koliko so pravzaprav za potnike pomembni.

c) Zahtevno je zbiranje podatkov za nove, neobstoječe prometne sisteme.

Omejitvam bi se lahko izognili, če bi lahko izvedli kontrolne eksperimente v realnem času znotraj mestnega ali transportnega sistema. Anketa izražene preference (IP) je približek, ki temelji na hipotetičnih situacijah, ki jih anketirancu postavlja raziskovalec.

Razlika med OP in IP je v tem, da so pri IP posamezniki vprašani, kaj bi v eni ali več hipotetičnih situacijah izbrali (oz. kako bi ocenili določeno izbiro). Obseg teh situacij je lahko različen, odvisno od potreb raziskave:

- ponujena situacija je lahko hipotetična ali resnična, kar pomeni, da se lahko anketirancu da na izbiro obstoječo alternativo ali pa alternativo, ki bo možna v prihodnosti,
- ponujene alternative so pogosto hipotetične, čeprav bi katera od njih lahko bila obstoječa,
- odziv anketirancev je lahko v obliki izbire med podanimi možnostmi oz. podajanju prednosti določenim možnostim.

Osnovni problem ankete IP je, da ob uresničitvi hipotetične situacije ni mogoče zanesljivo vedeti ali se bodo posamezniki res odločili enako, kot so podali v anketi. Tovrstne izkušnje v preteklih letih niso bile dobre. Pojavile so se razlike med napovedanim in kasnejšim, dejanskim vedenjem. Situacija se je kasneje izboljšala in rezultati so postali točnejši. To je posledica izboljšanja metod zbiranja podatkov, tako v smislu vsebine anket, načinu anketiranja, kot tudi izurjenosti osebja.

Glavne točke IP anketiranja so:

- a) Od anketiranca moramo dobiti izjavo, kako bi se odzvali v hipotetičnih situacijah.
- b) Vsaka alternativa je predstavljena kot kombinacija atributov, kot so potovalni čas, stroški, zanesljivost in podobno.

- c) Raziskovalec pripravi te alternative tako, da se lahko oceni individualen efekt posameznega atributa potovanja na odločitve; to dosežemo s pravilno zasnovano eksperimenta, ki zagotavlja medsebojno neodvisnost posameznih atributov.
- d) Raziskovalec mora zagotoviti, da bo anketirancu vsaka hipotetična situacija jasna in razumljiva.
- e) Anketiranci lahko izražajo svoje preference z razvrščanjem (ranking) alternativ po atraktivnosti, z ocenjevanjem (rating) alternativ po nekem merilu ali zgolj z izbiro najljubše alternative.
- f) Odgovore anketirancev analiziramo in ugotovimo pomembnosti posameznih atributov za odločitve.

Prednost takšnega načina anketiranja je predvsem v svobodni izbiri hipotetičnih situacij. Te morajo biti zasnovane z namenom zagotavljanja realnih odzivov, t.j., da bi bili odzivi kar se da podobni, če bi takšna situacija dejansko obstajala. Zato je potrebno naslednje:

- ključne značilnosti atributov vsake alternative in struktura kombinacije zagotavljajo, da so predstavljeni vsi bistveni atributi, možnosti pa morajo biti realne,
- oblika prikaza mora biti preprosta za razumevanje in v okviru izkušenj in omejenosti anketirancev,
- strategije vzorčenja morajo biti zasnovane na način, da zagotovijo izdatne in značilne podatkovne baze,
- primeren postopek raziskave vsebuje nadzor in zagotovitev kvalitete,
- uporabimo dobre modele ocenjevanja. Idealna je kombinacija RP in IP metod.

3.6.1 Atributi in alternative

Eden ključnih elementov analize izražene preference je izdelava hipotetičnih možnosti, imenovanih tudi tehnološko možne alternative. Tehnološko možne alternative so definirane na podlagi faktorjev, za katere predvidevamo, da bodo najbolj vplivali na odločitve. Oblikovanje teh tehnološko možnih alternativ je sestavljeno iz treh točk: a) identifikacija vseh možnih izbir (obseg izbire), b) izbira atributov vsake izmed alternativ in c) izbira merila in stopenj vsakega atributa.

- a) Obseg izbire je navadno podan glede na namen študije, vendar ne smemo prezreti možnih alternativ, ki bi jih uporabnik lahko izbral v prihodnosti.
- b) Število in vrsta atributov bi morala biti izbrana tako, da bi zagotovila realne odzive. Nekatere kombinacije atributov se lahko zdijo anketirancem neverjetne (npr. kombinacija visoke kakovosti in nizkega stroška) kar zmanjšuje pomembnost celotnega eksperimenta.
- c) Merilo večine atributov je linearno. V nekaterih situacijah pa je potreben bolj tehten premislek, zlasti v primeru kvalitativnih atributov (npr. udobje, varnost in zanesljivost).

3.6.2 Zasnova eksperimenta

Zasnova alternativ in njihovih predstavitev je sestavljena iz treh korakov: a) izbira stopnje atributov in njihove kombinacije, ki sestavljajo različne alternative, b) oblikovanje predstavitev alternativ in c) podroben opis odgovorov, ki jih dobimo od anketirancev.

Večina nalog v povezavi z navedenimi referencami uporablja eksperimentalno modeliranje za oblikovanje hipotetičnih alternativ, ki bodo predstavljene anketirancem. Eksperimentalno oblikovanje je navadno ortogonalno. To pomeni, da se ponujene kombinacije alternativ spreminjajo neodvisno ena od druge.

Število atributov oziroma faktorjev (a) in število stopenj, ki jih lahko ima vsak (n), določajo oblikovanje kombinacije vrste možnosti (n^a), ki sestavljajo celoten faktorski načrt.

Za določanje števila hipotetičnih situacij obstajajo posebne tabele, ki jih imenujemo delni faktorski načrti.

Delni faktorski načrti (fractional factorial design) so eksperimentalni načrti, ki sestojijo iz pozorno izbrane skupine (dela) eksperimentalnih primerjav iz celotnega faktorskega načrta. Skupino izberemo zato, da upoštevamo raztresenost učinkov, da tako razložimo informacije o najbolj pomembnih potezah problema. Izrazimo jih z zapisom n^{a-p} , kjer je n število stopenj, na katerih raziskujemo vsak faktor, a je število raziskanih faktorjev in p pomeni velikost dela celotnega faktorskega načrta. S p tako označimo število generatorjev, t.j. tistih faktorjev, ki jih

ne moremo oceniti neodvisno drug od drugega. Načrt s p generatorjev je $\frac{1}{n^p}$ -ti del celotnega faktorskega načrta.

Da bi zasnovo eksperimenta preoblikovali v primerno obliko za anketiranca, moramo preveriti zanj običajno stopnjo. Glede na to lahko potem ugotavljamo, koliko bi npr. lahko povišali ceno, če bi istočasno izboljšali storitev.

Stopnji »nizka« in »visoka« prilagodimo glede na primerno in verjetno stopnjo anketiranca. Sprememba mora biti dovolj velika, da je za anketiranca zaznavna, hkrati pa ne sme biti tako velika, da bi izgubila verodostojnost.

Eden glavnih elementov zasnove analize je kompleksnost. Izkušnje so pokazale, da ljudje dajo najbolj zanesljive odgovore, če se jim ponudi hkratne spremembe največ treh atributov. Več ko je atributov, več je možnosti napak, tako v fazi priprave ankete, kot med anketiranjem in obdelavo.

Ko je zasnova določena, sestavimo tehnološko možne alternative, ki so seveda lahko hipotetične. Nato naredimo eksperiment in zberemo podatke.

Anketiranje je možno izvajati tudi na bolj prilagodljiv način, pri katerem izvajalci ankete uporabljajo prenosne računalnike. Uporaba programske opreme omogoča sprotno prilagajanje ankete odgovorom anketiranca.

Ne glede na vrsto pristopa k anketiranju, je potrebno še pred začetkom izvajanja ankete preveriti uporabnost tovrstnega anketiranja in odpraviti morebitne pomanjkljivosti. To lahko storimo na tri načine:

- a) Uporabimo podatke, ki posnemajo dejansko stanje. Z njimi preverjamo ali zasnova dovoljuje pridobivanje vseh parametrov pričakovanega modela.
- b) Predhodna testiranja. Uporabi se majhen vzorec z namenom, da preučimo možnosti večje interesne skupine celotne populacije.
- c) Ocenimo vrednost te pilotne raziskave glede na kvaliteto zasnove raziskave, kot tudi kvaliteto odzivov populacije.

3.6.3 Načini stimulacije

Da bi zagotovili realne odzive anketirancev, je pomembno, da so atributi vseh možnosti predstavljeni na način, ki je podoben dejanskemu dožemanju potnikov. Spraševalci se morajo izogniti vsaki morebitni pristranskosti odgovorov.

3.6.4 Identificiranje preferenc

To poglavje govori o načinu, kako morajo biti anketiranci vprašani o njihovih mnenjih glede ponujenih možnosti. Načini so lahko trije. Prvi način je razvrščanje po prednostnem vrstnem redu. Drugi način je ocenjevanje vsake variante in tretji način izbira najatraktivnejše alternative.

- a) Razvrščanje (ranking). Pri tem načinu anketirancu predstavimo vse variante hkrati, on pa jih nato razvrsti glede na atraktivnost od najbolj do najmanj atraktivne. Prednost tega načina je v tem, da so vse možnosti predstavljene hkrati, vendar pa je zaradi tega njihovo število omejeno.
- b) Ocenjevanje (rating). Pri tem načinu mora anketiranec izraziti stopnjo preference za vsako varianto. Pri ocenjevanju uporablja vnaprej predpisano merilo, npr. 1-zelo neatraktivna, 5-neopredeljeno, 10-zelo atraktivna. Rezultati se lahko obdelujejo z običajnimi aritmetičnimi operacijami (povprečne vrednosti, razmerja,...)
- c) Izbira (choice). Anketiranec mora izbrati najatraktivnejšo alternativo med skupino predstavljenih alternativ. Izbira je samo ena, lahko pa se uvede tudi možnost "nobeno od tega".

3.6.5 Način vzorčenja

Pri IP anketah je pomembna velikost in reprezentativnost vzorca. Ankete izražene preference so statistično učinkovite, saj vsak anketiranec poda več odgovorov znotraj istega konteksta. Zato so vzorci analiz tipično manjši kot pri enakovrednih analizah odkrite preference. Raziskave so pokazale, da je v takih anketah primeren vzorec sestavljen iz 75 – 100 anketirancev na tržni segment.

Pojavi se težava, katere vzrok je v naravi informacij, ki jih dobimo z analizami izražene preference. Vsak anketiranec poda več odgovorov, ki pa so različni le znotraj enega samega posameznika. Potrebno pa je dobiti različne odgovore, tako med skupino anketirancev kakor tudi znotraj enega samega anketiranca. To omogoča zgolj primerno velik in reprezentativen vzorec. Torej je pomembno za reprezentativne rezultate izbrati več vrst med seboj različnih posameznikov, npr. glede na spol, starost, socialni položaj.

3.6.6 Realnost in kompleksnost analize

Ključni element za uspeh ankete izražene preference je objektivnost podatkov, ki jih dobimo z anketo. V kontekstu naloge mora biti ohranjena realnost, torej v predstavljenih opcijah in odgovorih na voljo. To lahko dosežemo na več načinov:

- Osredotočimo se na specifičnost in manj na splošnost odgovorov.
- Uporabljamo realni kontekst izbire, torej tak, s katerim so imeli anketiranci v nedavnem osebne izkušnje.
- Obdržimo omejenost izbire, da obdržimo realen kontekst.
- Uporabimo obstoječe stopnje atributov, da so opcije zgrajene iz obstoječih izkušenj.
- Če je možno, uporabimo zaznave anketiranca, da omejimo vrednosti atributov v nalogi. Npr. če obravnavamo izboljšane železniške storitve, ne ponudimo opcije, da je postaja bližje domu, kot je možno.
- Zagotovimo, da so vključeni vsi pomembni atributi.
- Možne izbire morajo biti enostavne in sprejemljive za anketiranca.
- Dovolimo anketirancem, da izberejo odgovor izven skupine alternativ v eksperimentu. Če delamo anketo izbire prevoznega sredstva in se vse možnosti zdijo preslabe, bi se odgovarjajoči mogoče odločil, da spremeni cilj, čas potovanja ali da sploh ne bo potoval, zato je dobro dopustiti možnost, da bo naredil nekaj drugega.
- Prepričamo se, da so vse opcije jasne in nedvoumno definirane. To je lahko precej težko, če imamo opravka s kvalitativnimi atributi kot je varnost ali udobje (povzeto po Ortúzar in Willumsen, 1999).

4 MODELI IZBIRE PROMETNEGA SREDSTVA

4.1 Modeli diskretne izbire prometnega sredstva

Modeli diskretne izbire prometnega sredstva omogočajo natančno predstavitev kompleksnih vidikov prometnega povpraševanja. Model napoveduje izbiro posameznika v obliki funkcije poljubnega števila spremenljivk, ki se imenuje uporabnostna funkcija. Modeli diskretne izbire prometnega sredstva so torej sestavljeni iz uporabnostnih funkcij, ki napovedujejo posameznikovo izbiro na podlagi uporabnosti vsake izmed alternativ, vključenih v model. Model vsebuje attribute oziroma faktorje, za katere je verjetno, da vplivajo na posameznikovo izbiro. Izbira atributov mora biti opravljena že v fazi sestave ankete izražene preference.

Uporabnostna funkcija za posamezno prometno sredstvo je sestavljena iz konstante, specifične za posamezno alternativo, in iz linearnih ali nelinearnih izrazov (transformacije) odvisnosti od atributov alternativ. V primeru linearnih izrazov, lahko uporabnostno funkcijo zapišemo z izrazom:

$$V_i = ASC_i + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in}, \quad (6)$$

kjer so ASC_i , $i = 1, \dots, 4$, β_j , $j=1, \dots, n$ koeficienti, ki jih potrebujemo. ASC_i so specifične konstante za alternativo, x_{ij} pa spremenljivke. Spremenljivk in torej tudi koeficientov β za posamezno alternativo je toliko, kolikor atributov posameznega prometnega sredstva opazujemo (povzeto po Bierlaire, 2009).

4.1.1 Multimodalni logit model izbire prometnega sredstva

Po Bierlaire (2009) in Ben-Akiva in Lerman (1985) je multinomialni ali multimodalni logit model eden izmed GEV (Generalized Extreme Value) modelov, za katere je verjetnost, da izberemo alternativo i med nizom alternativ C dana z enačbo (7).

$$P(i|C) = \frac{y_i \frac{\partial G}{\partial y_i}(y_1, \dots, y_J)}{\mu G(y_1, \dots, y_J)}, \quad (7)$$

kjer je J število alternativ na izbiro, $y_i = e^{V_i}$, V_i je deterministični del uporabnostne funkcije alternative i in G je nenegativna odvedljiva funkcija, definirana na \mathbb{R}_+^J z naslednjimi lastnostmi:

1. G je homogena stopnje $\mu > 0$, tj $G(\alpha y) = \alpha G(y)$,
2. $\lim_{y_i \rightarrow +\infty} G(y_1, \dots, y_i, \dots, y_J) = +\infty$ za vsak $i = 1, \dots, J$
3. k -ti parcialni odvod je nenegativen, če je k sod in nepozitiven, če je k lih.

Homogenost G (za parameter homogenosti μ vzamemo vrednost 1) in Eulerjev teorem dasta obliko

$$P(i|C) = \frac{e^{Vi + \ln G_i(\dots)}}{\sum_{j=1}^J e^{Vj + \ln G_j(\dots)}}, \quad (8)$$

kjer je $G_i = \frac{\partial G}{\partial y_i}$. (9)

Za multimodalni logit model je funkcija G definirana z izrazom

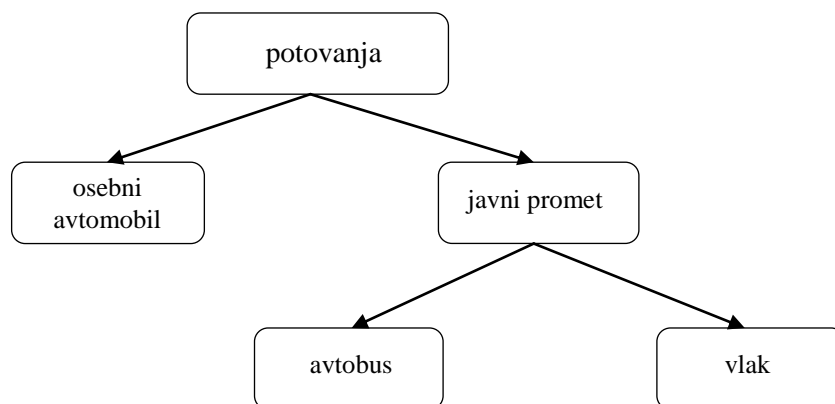
$$G(y) = \sum_{i=1}^J y_i^\mu, \quad \mu = 1 \quad (10)$$

Verjetnost, da potnik uporabi alternativo i lahko tako izrazimo z enačbo (11).

$$P(i|C) = \frac{e^{Vi}}{\sum_{j=1}^J e^{Vj}}. \quad (11)$$

4.1.2 Hierarhični logit model izbire prometnega sredstva

V VISUM 11.0 Basics (2009) je navedeno, da je v standardnem 4-stopenjskem modelu mogoče poleg multimodalnega logit modela uporabiti še hierarhični ali gnezdeni logit model, katerega struktura je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Hierarhični logit model

4.1.3 Drugi modeli izbire prometnega sredstva

Medtem ko je v standardnem 4-stopenjskem modelu možno uporabiti logit model ali hierarhični logit model, pa je v drugih dveh modelih programskega orodja Visum 11.0 (PTV VISION) EVA model in VISEM model možno uporabiti devet modelov izbire prometnega sredstva. Ti modeli izbire prometnega sredstva so sestavljeni iz uporabnostnih funkcij v nekoliko drugačnem zapisu.

Z enačbami (12) do (20) je opisanih devet tipov uporabnostnih funkcij za različne modele izbire prometnega sredstva. V enačbah so z a, b in c označeni parametri uporabnostne funkcije, z x pa je označen parameter generaliziranih stroškov.

EVA 1

$$f(x) = (1 + x)^{-\varphi(x)}, \text{ kjer je } \varphi(x) = \frac{a}{1 + e^{b-cx}} \quad (12)$$

EVA 2

$$f(x) = \left[1 + \left(\frac{x}{c} \right)^b \right]^{-a} \quad (13)$$

Schiller

$$f(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{b} \right)^a} \quad (14)$$

Logit

$$f(x) = e^{cx} \quad (15)$$

Kirchhoff

$$f(x) = x^c \quad (16)$$

BoxCox

$$f(x) = e^{\left(\frac{c x^b - 1}{b} \right)} \quad (17)$$

Box-Tukey

$$f(x) = e^{(cx^\alpha)}, \text{ kjer je } \alpha = \begin{cases} \frac{(x+1)^b}{b}, & b > 0 \\ \ln(x+1), & b = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Combined

$$f(x) = ax^b e^{cx} \quad (19)$$

Code

$$f(x) = \frac{1}{x^b + cx^a} \quad (20)$$

Verjetnost, da bo za potovanje med conama i in j izbrano prometno sredstvo k , podaja enačba (21):

$$P_{ijk} = \frac{W_{ijk}}{\sum_{A_l \in A(ij)} W_{ijl}}, \quad (21)$$

kjer je $A(ij)$ množica razpoložljivih alternativ med conama i in j , W_{ijk} utežena uporabnost alternative k in W_{ijl} utežena uporabnost alternative l .

Pri tem utežene uporabnosti izračunamo z izrazom:

$$W_{ijk} = MA_{ik} \prod_a f_a(c_{aijk}), \quad (22)$$

kjer je MA_{ik} razpoložljivost alternative k v coni i , c_{aijk} pa so generalizirani stroški z upoštevanjem enega atributa. Utežene uporabnosti so torej izračunane kot produkt razpoložljivosti alternative k v coni i in produkta vseh uporabnosti za potovanje iz cone i v cono j s sredstvom k z upoštevanjem enega atributa generaliziranih stroškov (povzeto iz VISUM 11.0 Basics, 2009).

Primerjava enačbe (11) za verjetnost izbire prometnega sredstva multimodalnega logit modela in enačbe (21) za verjetnost izbire prometnega sredstva enega izmed teh devetih modelov izbire prometnega sredstva pri uporabi logit funkcije, podane z enačbo (15), z upoštevanjem matematičnih pravil eksponentne funkcije pokaže, da gre za enak model izbire prometnega sredstva, le da gre v vsakem primeru za drugačen zapis.

5 IZVEDBA ANKET

5.1 Delni faktorski načrt

Obravnavano je sedem faktorjev na treh stopnjah in en faktor na dveh stopnjah, kot je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Faktorji in njihove stopnje

	osebni avto	število stopenj	javni promet	število stopenj	kolo	število stopenj	peš	število stopenj
faktorji	cena parkiranja	3 (dejanska, nižja, višja cena)	cena	3 (dejanska, nižja, še nižja cena)	čas	1	čas	1
	čas	3 (dejanski, krajši, daljši čas)	pešačenje	3 (dejanski, krajši, še krajši čas)				
	pešačenje	3 (dejanski, krajši, daljši čas)	frekvenca	3 (dejanska, manjša, še manjša frekvenca)				
			čas	3 (dejanski, krajši, še krajši čas)				
			udobje	2 (enako, boljše)				

Faktorski načrt z upoštevanjem števila faktorjev in njihovih stopenj je prikazan v naslednji preglednici.

Preglednica: L_{18} ($2 \times 3^{7-5}$) načrt (NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri33a.htm>, 1.9.2009)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

Za raziskovanje problema izbire prometnega sredstva z izbranimi faktorji bi tako potrebovali generacijo osemnajstih hipotetičnih situacij, v katerih bi se faktorji spreminjali, anketirani pa bi se moral v vsaki od njih odločiti, katero prometno sredstvo bi uporabil.

Vendar bi bilo osemnajst situacij za anketiranega preveč, saj bi le težka ohranil pozornost pri vsaki situaciji in tako bi se lahko njegova izbira v hipotetični situaciji precej razlikovala od njegove dejanske izbire v primeru, da bi do te situacije dejansko prišlo. V ta namen je potrebno nekoliko znižati število hipotetičnih situacij. Izbrani način je generacija desetih hipotetičnih situacij z upoštevanjem sedmih faktorjev na treh stopnjah (devet situacij) in ene kontrolne situacije. Stopnja faktorja (enako oziroma boljše) »udobje« pa se v generaciji devetih situacij (sedem faktorjev na treh stopnjah) spreminja naključno. V kontrolni situaciji so parametri za faktorje potovanja (cena, čas itn.) enaki izhodiščnim podatkom za konkretno potovanje, ki ga obravnavamo v anketi. V kontrolni situaciji tako preverjamo, če se v danih situacijah anketirani odloča v skladu z njegovo dejansko izbiro prometnega sredstva. V pilotni anketi je bila kontrolna situacija zadnja situacija. Pilotna anketa je pokazala, da veliko število

posameznikov v kontrolni situaciji ne izbere istega prometnega sredstva, s katerim so dejansko prispeli. V nadaljevanju je bila zato kontrolna situacija na sredini (5.), v primeru izbire drugega prometnega sredstva pa se je prikazalo opozorilo. Anketiranca se je na to opozorilo in v primeru zmanjšane pozornosti na tak način poskusilo motivirati. V primeru, da je v kontrolni situaciji izbral drugo prometno sredstvo na podlagi nekega logičnega vzroka (npr. običajno potovanje z osebnim avtomobilom, slučajno pa za konkretno potovanje izbira avtobusa, zaradi popravila avtomobila ipd.) pa se je le to zapisalo v opombe. Na tak način se je odstotek uporabnih anket bistveno povečal.

5.2 Oblika anket

Ankete so oblikovane na podlagi predhodno opisanih omejitev s programom Microsoft Access 2003. Njihova oblika je prijazna uporabniku za lažje izvajanje anket. Začetna forma ankete je prikazana na sliki 2.

anketirani

Os. vozilo na razpolago Voznisko opomba:

Zaposlitev

namen

izvor: cilj:

pogostost:

cas_zacetka:

nova anketa **naprej**

S katerim prom. sred. ste potovali? osebni javni park/ride kolo peš

Katero alternativo bi še uporabili? osebni javni park/ride kolo peš

Record: 1 of 1

Slika 2: Začetna forma ankete

V začetno formo vnesemo podatke o razpoložljivosti osebnega avtomobila in imetju vozniškega dovoljenja, o zaposlitvi, o namenu, izvoru in cilju konkretnega potovanja in

pogostosti le tega ter času začetka potovanja. Nadaljevanje ankete je odvisno od izbire prometnega sredstva, kar je najbolj nazorno razvidno iz primera. Ko izberemo, s katerim prometnim sredstvom je anketirani potoval, se nam odprejo okna, v katera vnesemo parametre potovanja. Nato izberemo, katere alternative bi posameznik še lahko uporabil v primeru spremenjenih razmer. V nadaljevanju vnesemo še parametre za potovanje s temi alternativami.

Na podlagi vnesenih podatkov program generira deset različnih hipotetičnih situacij. V njih se spreminja sedem faktorjev na treh stopnjah in en faktor na dveh stopnjah, kot prikazuje preglednica 2. Iz preglednice 2 je razvidno, da se vsi faktorji za osebni avtomobil spreminjajo tako navzgor kot navzdol, medtem ko se faktorji za javni promet spreminjajo le navzdol. Razlog za to je težnja po preusmeritvi osebnega prometa na javni promet, kar zahteva izboljševanje karakteristik javnega prometa in ne njihovega poslabšanja. Stopnje faktorjev cena parkiranja, cena javnega prometa in trajanje potovanja z javnim prometnim sredstvom so bile v pilotnih anketah podobne kot za druge faktorje, torej $\pm 20\%$ oziroma -20% in -40% (preglednica 3). Vendar je za bolj realističen model zaželeno, da posamezniki svojo izbiro spremenijo. Ker je v Ljubljani trenutno še veliko brezplačnega parkiranja (postavljanje cene parkiranja v tem primeru je opisano v nadaljevanju), je tako smiselno, da je variabilnost cene večja, da s tem ugotovimo pripravljenost na plačevanje parkiranja. Razlog za večjo variabilnost faktorjev javnega prometa pa je predvsem v velikem deležu potovanj z izvorom izven Ljubljane. Veliko število potnikov, ki uporablja osebni avtomobil, ima za javni promet bistveno slabše razmere kot za osebnega, zato je potrebno javnemu prometu karakteristike bistveno izboljšati, da bodo pripravljene spreminiti izbiro.

Preglednica 2: Stopnje spreminjanja faktorjev

	osebni avto	stopnje faktorja	javni promet	stopnje faktorja
faktorji	cena parkiranja	enaka +50% -50%	cena	enaka -25% -50%
	trajanje	enako +20% -20%	pešačenje	enako -20% -40%)
	pešačenje	enako +20% -20%	frekvenca	enaka -20% -40%
			trajanje	enaka -25% -50%
			udobje	Enako Boljše

Preglednica 3: Stopnje spreminjanja faktorjev v pilotni anketi

	osebni avto	stopnje faktorja	javni promet	stopnje faktorja
faktorji	cena parkiranja	enaka +20% -20%	cena	enaka -20% -40%
	trajanje	enako +20% -20%	pešačenje	enako -20% -40%
	pešačenje	enako +20% -20%	frekvenca	enaka -20% -40%
			trajanje	enaka -20% -40%
			udobje	Enako Boljše

Procentualne stopnje spreminjanja cene parkiranja v primeru anketiranca, ki parkira brezplačno, ne ponudijo nobene variacije. Ker pa je cilj raziskave predvsem zmanjšanje količine potovanj z osebnim vozilom glede na potovanja z drugimi prometnimi sredstvi, je za bolj realne rezultate potrebno preveriti, kako na izbiro prometnega sredstva vpliva cena parkiranja. Parkiranje torej ne more biti vseskozi brezplačno in začetna cena parkiranja, ki se potem spreminja odstotkovno, tako ne more biti nič. Za namena služba in šola je zato privzeta

začetna cena parkiranja pet, za ostale namene pa dva evra. Takšna cena parkiranja je vzeta iz predpostavke, da je trajanje parkiranja za namena služba in šola povprečno osem ur, za ostale namene pa dve uri, tako je izbrana začetna cena parkiranja v skladu z realno ceno parkiranja po parkiriščih v Ljubljani. Tako vzeta začetna cena se nato spreminja v situacijah za $\pm 50\%$.

The screenshot shows a web-based survey form titled "anketirani". It contains several input fields and checkboxes for user information and travel preferences. The form is divided into sections for vehicle availability, travel purpose, and public transport details. At the bottom, there are navigation controls and a record indicator.

anketirani

Os. vozilo na razpolago Voznisko opomba:

Zaposlitev: študent

namen: šola

izvor: tacen cilj: ff

pogostost: vsak dan

cas_zacetka: 8:00

S katerim prom. sred. ste potovali? osebni javni park/ride kolo peš

Javni promet

trajanje: minut

pesacenje: minut

udobje:

cena: eur

frekvenca: minut med dvema prihodoma

Katero alternativo bi še uporabili? osebni javni park/ride kolo peš

Record: 20 of 37

Slika 3: Primer ankete – vnos parametrov potovanja

Alternative

Osebni avto
trajanje: 20 minut
pesacenje: 20 minut
cena parkinga: 0 eur
Zasedenost: 1

Kolo
trajanje: 30 minut

Ali bi uporabili alternativo?
vzrok za neuporabo :

Popravi situacije Situacije P / R Konec

Record: 1 of 1 (Filtered)

Slika 4: Primer ankete – vnos parametrov za alternative

situacije

zap. št.: 1

Osebni avto
trajanje: 20 minut
pesacenje: 20 minut
cena parkinga: 5 eur

Izbral bi:
 osebni
 javni promet
 kolo

Javni promet
trajanje: 20 minut
pesacenje: 1,6 minut
udobje: Enako
cena: 0,6 eur
frekvenca: 12 minut med dvema prihodoma

Kolo
trajanje: 30 minut

Slika 5: Primer ankete – situacija 1

The screenshot shows a software interface for a survey. At the top left, the window title is 'situacije'. Below it, there is a field for 'zap. št.' with the value '5'. The interface is divided into three main sections: 'Osebni avto', 'Javni promet', and 'Kolo'. In the center, there is a box labeled 'Izbral bi:' containing three radio button options: 'osebni', 'javni promet' (which is selected), and 'kolo'. The 'Osebni avto' section has input fields for 'trajanje:' (20 minut), 'pesacenje:' (20 minut), and 'cena parkinga:' (0 eur). The 'Javni promet' section has input fields for 'trajanje:' (40 minut), 'pesacenje:' (2 minut), 'udobje:' (a dropdown menu with 'Enako' selected), 'cena:' (0,8 eur), and 'frekvenca:' (15 minut med dvema prihodoma). The 'Kolo' section has an input field for 'trajanje:' (30 minut). At the bottom center, there are two navigation buttons: a left arrow and a right arrow.

Slika 6: Primer ankete – situacija 5 je kontrolna situacija

5.3 Praktična izvedba anketiranja

Anketa izražene preference se je izvajala osem delovnih dni oktobra 2009. Pred samo izvedbo anketiranja je bilo potrebno izobraževanje anketarjev z namenom, da bodo kar najbolj seznanjeni z načinom anketiranja in želenimi podatki.

Predhodno je bilo potrebno pripraviti seznam možnih lokacij anketiranja tako, da je pokrival celotno območje Ljubljane. Seznam možnih lokacij je bil pripravljen na podlagi tehtnega premisleka za pridobitev ustreznega vzorca, saj je moral biti sestavljen iz 75 – 100 anketirancev na segment. Z rednim opazovanjem rezultatov anket, pridobljenih prejšnji dan, se je anketarje tako usmerjalo na druge lokacije, če se je to izkazalo kot potrebno.

Anketiranje se je poleg tega izvajalo tudi na vlakih in sicer na vseh potniških linijah v in iz smeri Ljubljane, da se je pridobilo ustrezno število anketirancev, ki potujejo z vlakom v in iz Ljubljane.

Časovni termin anketiranja je bil različen glede na namen in lokacijo. Tako se je npr. na parkiriščih in vlakih z namenom anketiranja potnikov na in iz službe ter v in iz šole anketiralo zjutraj in popoldne, z namenom anketiranja potnikov, ki potujejo na priložnostne dejavnosti pa tipu dejavnosti ustrezno (primer anketiranja pred kinodvorano v večernem času).

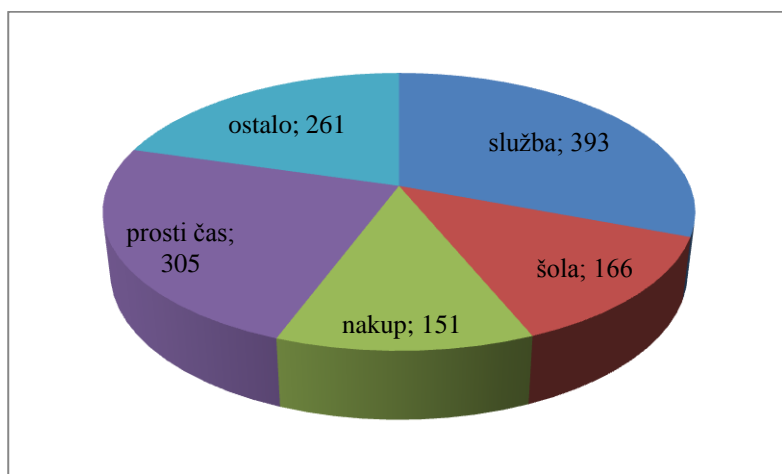
Pred dejanskim anketiranjem se je en dan izvajala pilotna anketa. Ker je le-ta zagotovila veliko ustreznih podatkov, so bili tudi ti kasneje uporabljeni za oblikovanje uporabnostnih funkcij.

Anketiranih je bilo 2438 posameznikov. Od tega je bilo 1290 anket uporabnih za nadaljnjo uporabo v postopku razvijanja uporabnostnih funkcij. V poštev so namreč prišli posamezniki, ki imajo za opravljeno potovanje na voljo več alternativ in so jih tudi pripravljeni uporabiti. Dodatno pa morajo biti alternative takšne, da se njihovi parametri v hipotetičnih situacijah spreminjajo (trajanje pešačenja in kolesarjenje se v hipotetičnih situacijah ne spreminjata, v kolikor sta izbrani edino ti dve alternativni, generiranje desetih situacij ni smiselno).

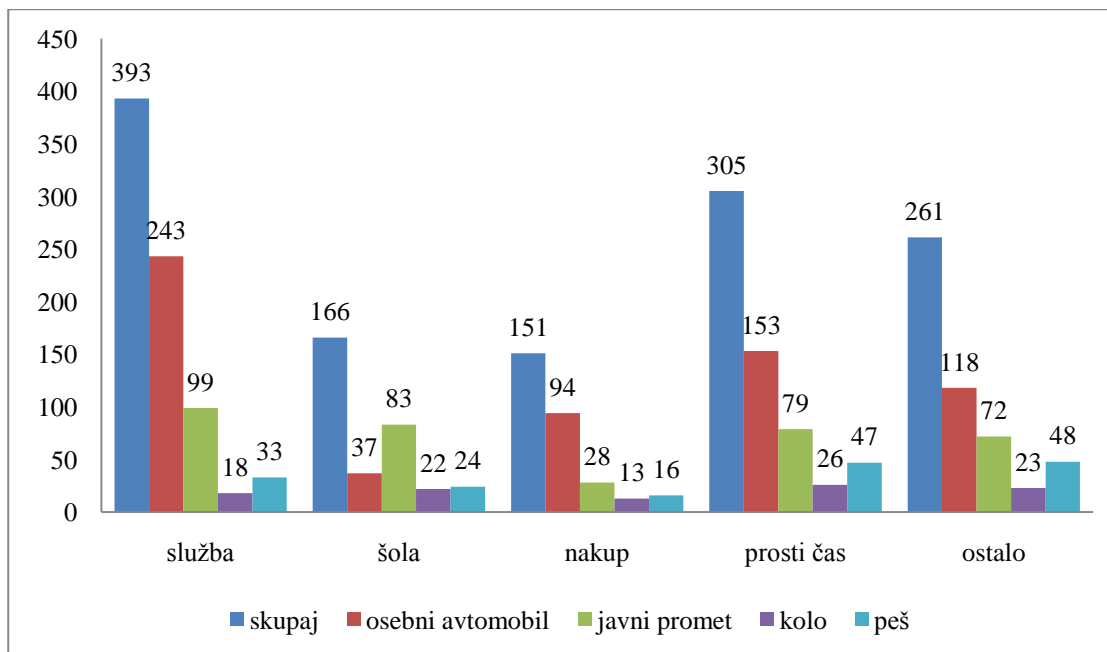
Od uporabnih 1290 anket je bilo opravljenih 393 anket za namen služba, 166 anket za namen šola, 151 anket za namen nakup, 305 anket za namen prosti čas, 261 anket za namen ostalo ter 14 anket za namen službena pot. Namen službena pot je bil v nadaljevanju izključen iz postopka razvijanja uporabnostnih funkcij zaradi splošne nepripravljenosti posameznikov za uporabo alternativ. Za vsak namen je potrebno najmanj 75 uporabnih anket, čemur je bilo za preostalih 5 namenov zadoščeno. Preglednica 4 prikazuje število anketiranih po namenih in sredstvih v anketah, ki so bile nadalje uporabljene za razvitje uporabnostnih funkcij. Na podlagi uporabljenih anket so izrisani tudi grafikoni 1 – 5.

Preglednica 4: Anketirani po namenih in sredstvih

sredstvo namen	osebni avtomobil	javni promet	kolo	peš	skupaj
služba	243	99	18	33	393
šola	37	83	22	24	166
nakup	94	28	13	16	151
prosti čas	153	79	26	47	305
ostalo	118	72	23	48	261
skupaj	1276				



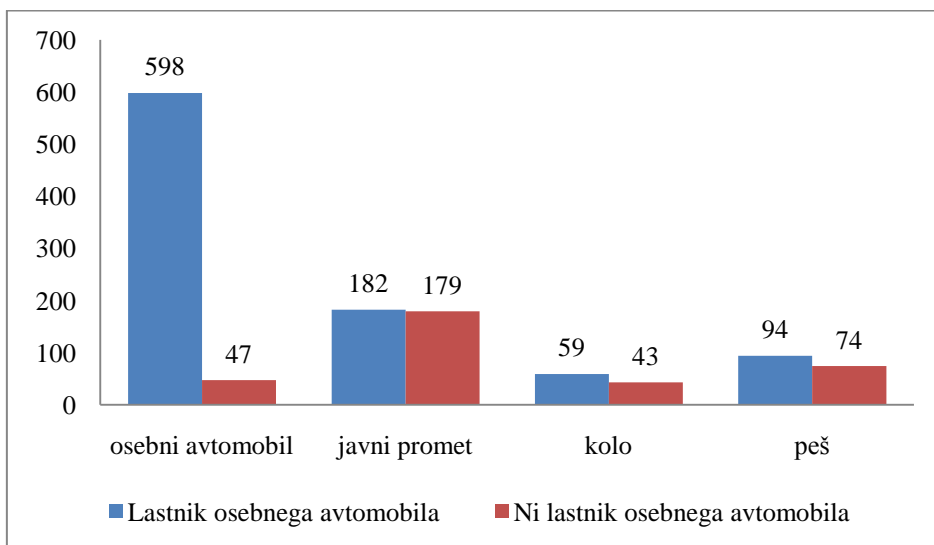
Grafikon 1: Anketirani glede na namen



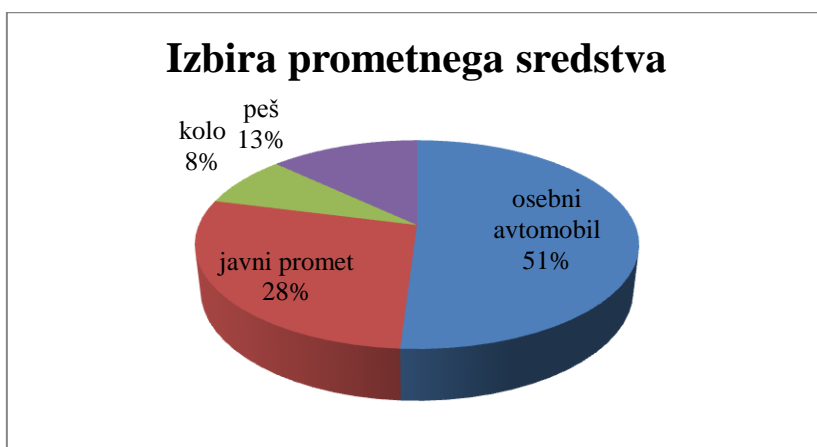
Grafikon 2: Anketirani po namenih in sredstvih

Preglednica 5: Anketirani po sredstvih in lastništvu osebnega avtomobila

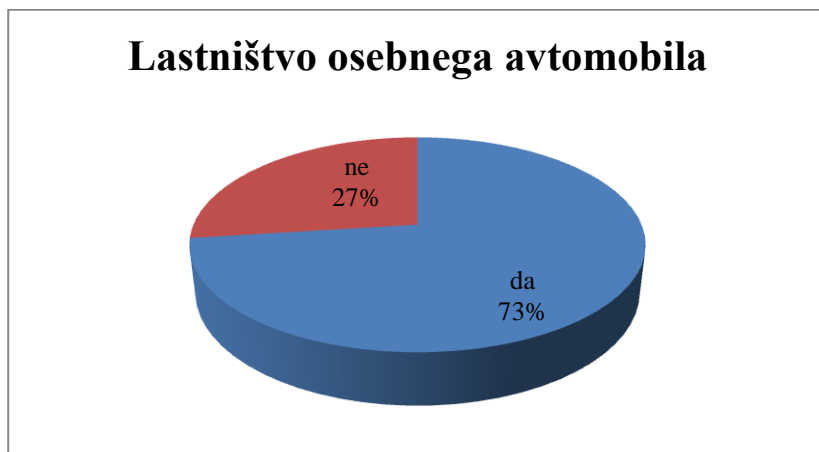
lastništvo osebnega avtomobila	da	ne	skupaj %
osebni avtomobil	598	47	51%
javni promet	182	179	28%
kolo	59	43	8%
peš	94	74	13%
skupaj %	73%	27%	100%



Grafikon 3: Anketirani po sredstvih in lastništvu osebnega avtomobila



Grafikon 4: Anketirani glede na izbiro prometnega sredstva



Grafikon 5: Anketirani glede na lastništvo osebnega avtomobila

Iz preglednice 5 in grafikona 4 lahko vidimo, kakšna je bila dejanska izbira prometnega sredstva (modal split) med uporabnimi anketami. Seveda pa te izbire prometnega sredstva ne moremo jemati kot dejansko izbiro prometnega sredstva v širšem območju Ljubljane, čemur je vzrok več dejavnikov, kot so:

- najpomembnejši vpliv na prikaz izbire prometnega sredstva z rezultati ankete izražene preference ima izbira anketnih mest, saj le-ta neposredno vpliva na anketirano izbiro (uporabljeno je vzorčenje na osnovi izbire, na primer večje število anket na vlaku nam da večji delež izbire javnega prometa v vzorcu);
- relativno majhen vzorec za ugotavljanje izbire prometnega sredstva;
- relativno visoka nepripravljenost izbire alternative pri uporabnikih osebnega avtomobila, kar onemogoča anketiranje izbire prometnega sredstva teh potnikov v hipotetičnih situacijah (take ankete niso uporabne);
- merjena so le trenutna potovanja anketiranca, medtem ko bi za dejansko izbiro prometnega sredstva potrebovali vsa potovanja anketiranca.

6 UPORABNOSTNE FUNKCIJE

V preglednici 6 so navedena imena spremenljivk, ki bodo uporabljena v formulaciji uporabnostnih funkcij in njihov pomen.

Preglednica 6: Uporabljena imena za spremenljivke in specifične konstante

Ime spremenljivke ali specifične konstante	Pomen
oa_trajanje	trajanje potovanja z osebnim avtomobilom v minutah
oa_pesacenje	potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila v minutah
oa_cena_parkinga	cena parkiranja v evrih
jp_trajanje	trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom v minutah
jp_pesacenje	potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa v minutah
jp_cena	cena vozovnice javnega prometnega sredstva v evrih
jp_frekvenca	število minut med dvema zaporednima prihodoma javnega prometnega sredstva
jp_udobje	udobje javnega prometnega sredstva
kolo_trajanje	trajanje potovanja s kolesom v minutah
pes_trajanje	trajanje potovanja peš v minutah
c1-oa	specifična konstanta za prometno sredstvo osebni avtomobil
c2-jp	specifična konstanta za prometno sredstvo javni promet
c3-kolo	specifična konstanta za prometno sredstvo kolo
c4-pes	specifična konstanta za prometno sredstvo peš

6.1 Izračun uporabnostnih funkcij s programom BIOGEME 1.8

Izdelala sem multimodalni logit model s štirimi alternativami. Zaradi boljše preglednosti za specifikacijo modela niso izbrane standardne oznake za koeficiente in spremenljivke (ASC, BETA in x_{ij}), ampak ustrezno preimenovane.

Funkcije so linearne, za vsako alternativo je upoštevano različno število spremenljivk in sicer za avto tri (oa_trajanje, oa_pesacenje in oa_cena_parkinga), za javni promet pet (jp_trajanje,

jp_pesacenje, jp_cena, jp_frekvenca in jp_udobje), za kolo ena (kolo_trajanje) in ena za peš (pes_trajanje).

Različnih koeficientov, s katerimi se te spremenljivke pomnožijo, pa je v končnem specifikacijskem modelu šest in sicer koeficienti za trajanje (trajanje), pešačenje (pesacenje), ceno parkiranja (parking), frekvenco (frekvenca), udobje (udobje), ceno javnega prometa (cenajp).

V konkretnem primeru so uporabnostne funkcije torej:

Osebni avtomobil:

$$V_1 = c1-oa + trajanje \times oa_trajanje + pesacenje \times oa_pesacenje + parking \times \frac{oa_parking}{2} \quad (23)$$

Javni promet:

$$V_1 = c2-jp + trajanje \times jp_trajanje + pesacenje \times jp_pesacenje + cenajp \times jp_cena + frekvenca \times jp_frekvenca + udobje \times dummy(jp_udobje) \quad (24)$$

Kolo:

$$V_3 = c3-kolo + trajanje \times kolo_trajanje \quad (25)$$

Peš:

$$V_4 = c4-pes + trajanje \times pes_trajanje \quad (26)$$

Cena parkiranja se mora upoštevati v polovični vrednosti, saj sta za določen namen potovanja potrebni dve potovanji – tja in nazaj. Direktno primerjanje cene javnega prevoza in cene parkiranja torej ne bi bilo realno, saj je ceno javnega prevoza za določen namen potrebno plačati dvakrat, torej enkrat za potovanje tja in enkrat za potovanje nazaj. Za osebni avtomobil je torej smiselno dodeliti polovično ceno parkiranja potovanju tja ter polovično ceno parkiranja potovanju nazaj.

Udobje je v specifikaciji ankete varirano na dveh stopnjah (enako, boljše), tema dvema stopnjama pa se dodelita numerični vrednosti 1 in 2. Potrebno pa je upoštevati, da dejansko 1 in 2 ne pomenita numeričnih vrednosti. V programu je takšna spremenljivka definirana kot neprava spremenljivka, oziroma angleško dummy, kot takšno spremenljivko poimenuje Bierlaire (2009). Namesto numeričnih vrednosti 1 in 2 se dodelita vrednosti 0 in 1.

6.1.1 Drugi uporabljani načini specifikacije uporabnostnih funkcij

V procesu oblikovanja uporabnostnih funkcij je bilo sicer uporabljenih še več načinov opredelitve koeficientov spremenljivk, ki pa so se izkazali za manj ustrezne. Ti načini so:

- enotni koeficient za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa,
- alternativam specifičen koeficient za vpliv trajanja,
- upoštevanje zasedenosti osebnega avtomobila.

Razlogi za neuporabo teh opredelitev koeficientov so opisani v nadaljevanju, primeri rezultatov teh opredelitev pa so prikazani v prilogah.

6.1.1.1 Enotni koeficient za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa

Opredelitev modela z enotnim koeficientom za vpliv cene parkiranja in cene javnega prometa je na prvi pogled smiselna, saj med sabo primerjamo cene. Vendar pa je smiselno omeniti problem posameznika pri primerjavi cen. V anketi sami so zajeti le direktni stroški, ki nastanejo pri potovanju z določenim prometnim sredstvom, medtem ko zajemanje indirektnih stroškov ni priporočljivo iz razloga, da jih veliko slabše dojemamo, poleg tega pa njihovega vpliva tudi ni mogoče realistično oceniti. Če gledamo npr. osebni avtomobil, povzroči potovanje z osebnim avtomobilom poleg direktnega stroška cene parkiranja tudi indirektni stroške, kot so poraba goriva in s tem povezana cena goriva, nakup vozila, število kilometrov in s tem zmanjšana vrednost vozila, servisiranje, pranje itn. Vseh teh indirektnih stroškov seveda ni mogoče upoštevati v izdelavi ankete. Od vseh teh indirektnih stroškov pa se ljudje pri potovanjih še najbolj zavedamo porabe goriva, ki je od vseh tudi najbolj realen za primerjavo, vendar pa je vključitev v model težavna, saj je poraba goriva pri različnih osebnih vozilih lahko zelo različna, odvisna pa je tudi od mnogih drugih dejavnikov, ki jih je težko predvideti. Dejstvo, da so vrednosti obeh koeficientov pri definiciji modela z upoštevanjem različnih koeficientov precej različne, pa pove, da se kljub temu do neke mere zavedamo tudi indirektnih stroškov (vsaj porabe goriva), zato so rezultati z upoštevanjem skupnega koeficienta za vpliv cene javnega prometa in parkiranja manj realni.

6.1.1.2 Alternativam specifičen koeficient za vpliv trajanja

Z uporabo alternativam specifičnih koeficientov za vpliv trajanja so za nekatere namene v rezultatih dobljene nesmiselne vrednosti konstant alternativ. Poleg tega pri nekaterih alternativam specifičnih koeficientih za vpliv trajanja vrednost t-testa v rezultatih ni ustrezna in bi bila potrebna izključitev pripadajoče spremenljivke (izključevanje nepomembnih spremenljivk na podlagi t-testa je opisana v poglavju 6.1.4.1 Izključitev nepomembnih spremenljivk v rezultatih programa BIOGEME 1.8). V primeru multimodalnega logit modela konstante alternativ omogočajo ločevanje med verjetnostjo izbire prometnega sredstva v primeru enakih generaliziranih stroškov potovanj s posameznim prometnim sredstvom, zato alternativam specifični koeficienti za vpliv trajanja niso nujni in zaradi manj smiselnih rezultatov niso uporabljeni.

6.1.1.3 Upoštevanje zasedenosti osebnega avtomobila

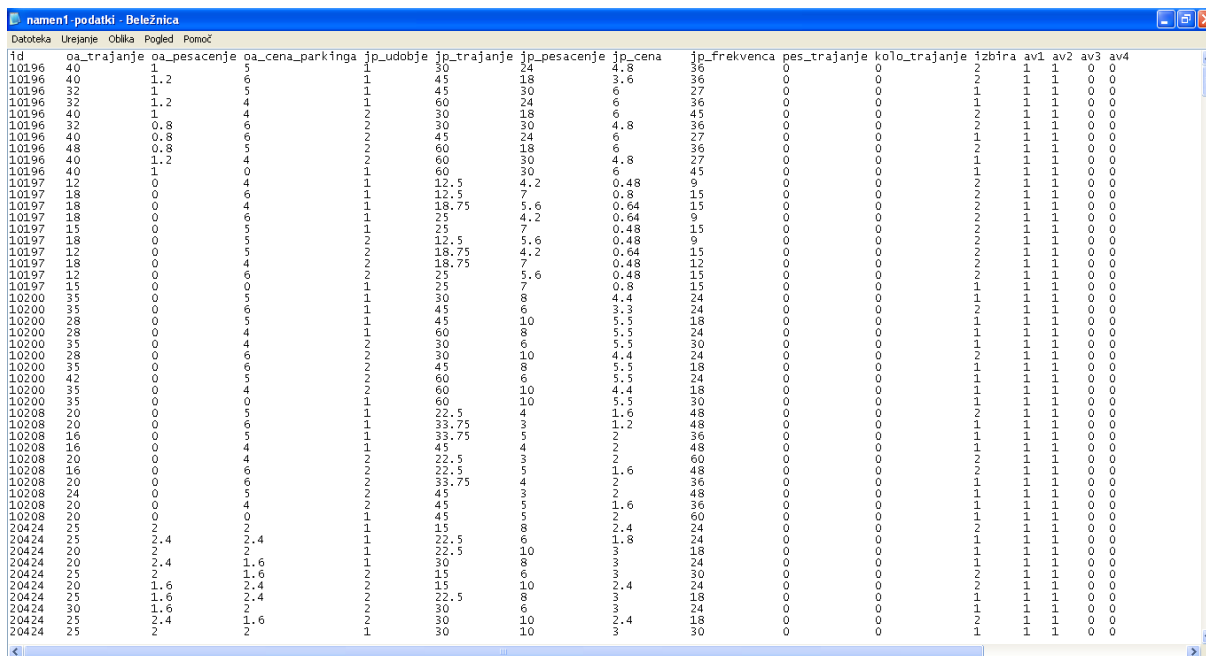
Uporabnostne funkcije so tu razvite posebej za posameznike, kjer je bila zasedenost osebnega avtomobila večja od ena. Tako ločevanje pokaže razlike med izbiranjem osebnega avtomobila in javnega prometa. Anketiranci, pri katerih je bila zasedenost avtomobila večja od ena, smatrajo osebni avtomobil za bolj privlačen. Vendar pa takšno ločevanje ni uporabljeno, saj je večja zasedenost avtomobila redka, kar povzroči relativno majhen vzorec, ki lahko ni reprezentativen.

6.1.2 Pregled datotek za uporabo v programu BIOGEME 1.8

V nadaljevanju je opisana priprava vhodnih datotek za konkretni primer za uporabo v programu BIOGEME 1,8 v skladu z navodili (Bierlaire, 2009). Iz podatkov, ki jih pridobimo iz anket, je potrebno ustvariti ustrezno podatkovno datoteko. Za to v programu Microsoft Office Access ustvarimo ustrezno poizvedbo, podatke pa nato kopiramo v Beležnico in shranimo s končnico .dat. Uporabnostne funkcije je potrebno izračunati za vsak namen posebej, zato je potrebno v podatkovni datoteki podati podatke za vsak namen posebej (poizvedba po namenu).

V podatkovni datoteki (.dat) je poleg vrednosti spremenljivk s številom 1 – 4 označena izbira prometnega sredstva (1 – osebni avtomobil, 2 – javni promet, 3 – kolo, 4 – peš). Poleg tega imamo za vsako alternativo številko 1, če je alternativa na voljo in 0, če alternativa ni na

voljo. Za vsakega anketiranca so iz rezultatov anket na voljo podatki o izbiri prometnega sredstva v desetih situacijah in vrednosti spremenljivk v vsaki situaciji, za vsakega anketiranca dobimo torej deset vrstic.



id	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_udobje	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	pes_trajanje	kolo_trajanje	izbira	av1	av2	av3	av4
10196	40	1	5	1	30	24	4,8	36	0	0	2	1	1	0	0
10196	40	1.2	6	1	45	18	3,6	36	0	0	2	1	1	0	0
10196	32	1	5	1	45	30	6	27	0	0	1	1	1	0	0
10196	32	1.2	4	1	60	24	6	36	0	0	1	1	1	0	0
10196	40	1	4	2	30	18	6	45	0	0	2	1	1	0	0
10196	32	0.8	6	2	30	30	4,8	36	0	0	2	1	1	0	0
10196	40	0.8	6	2	45	24	6	27	0	0	1	1	1	0	0
10196	48	0.8	5	2	60	18	6	36	0	0	2	1	1	0	0
10196	40	1.2	4	2	60	30	4,8	27	0	0	1	1	1	0	0
10196	40	1	0	1	60	30	6	45	0	0	1	1	1	0	0
10197	12	0	4	1	12,5	4,2	0,48	9	0	0	1	1	1	0	0
10197	18	0	6	1	12,5	7	0,8	15	0	0	1	1	1	0	0
10197	18	0	4	1	18,75	5,6	0,64	15	0	0	2	1	1	0	0
10197	18	0	6	1	25	4,2	0,64	9	0	0	1	1	1	0	0
10197	12	0	5	1	25	7	0,48	15	0	0	2	1	1	0	0
10197	18	0	5	2	12,5	5,6	0,48	9	0	0	1	1	1	0	0
10197	12	0	5	2	18,75	4,2	0,64	15	0	0	2	1	1	0	0
10197	18	0	4	2	18,75	7	0,48	12	0	0	2	1	1	0	0
10197	12	0	6	2	25	5,6	0,48	15	0	0	1	1	1	0	0
10197	12	0	0	1	25	7	0,8	15	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	5	1	30	8	4,4	24	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	6	1	45	6	3,3	24	0	0	1	1	1	0	0
10200	28	0	5	1	45	10	5,5	18	0	0	1	1	1	0	0
10200	28	0	4	1	60	8	5,5	24	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	4	2	30	6	5,5	30	0	0	1	1	1	0	0
10200	28	0	6	2	30	10	4,4	24	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	0	2	45	10	5,5	18	0	0	1	1	1	0	0
10200	42	0	5	2	60	6	5,5	24	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	4	2	60	10	4,4	18	0	0	1	1	1	0	0
10200	35	0	0	1	60	10	6	30	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	5	1	22,5	4	1,6	48	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	6	1	33,75	3	1,2	48	0	0	1	1	1	0	0
10208	16	0	5	1	33,75	5	2	36	0	0	1	1	1	0	0
10208	16	0	4	1	45	4	2	48	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	4	2	22,5	3	2	60	0	0	1	1	1	0	0
10208	16	0	6	2	22,5	5	1,6	48	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	6	2	33,75	4	2	36	0	0	1	1	1	0	0
10208	24	0	5	2	45	3	2	48	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	4	2	45	5	1,6	36	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	0	2	45	5	2	60	0	0	1	1	1	0	0
10208	20	0	2	1	15	8	2,4	24	0	0	1	1	1	0	0
20424	25	2	2	1	22,5	6	1,8	24	0	0	1	1	1	0	0
20424	20	2	2	1	30	10	3	18	0	0	1	1	1	0	0
20424	20	2,4	1,6	1	22,5	8	2,4	24	0	0	1	1	1	0	0
20424	25	1,6	2,4	2	15	6	3	30	0	0	1	1	1	0	0
20424	20	1,6	2,4	2	15	10	2,4	24	0	0	2	1	1	0	0
20424	25	1,6	2,4	2	22,5	8	3	18	0	0	1	1	1	0	0
20424	30	1,6	2,4	2	30	6	2,4	24	0	0	1	1	1	0	0
20424	25	2,4	1,6	2	30	10	2,4	18	0	0	2	1	1	0	0
20424	25	2	2	2	30	10	3	30	0	0	1	1	1	0	0

Slika 7: Primer podatkovne datoteke

Potreben je tudi opis specifikacije modela. V ta namen je bilo potrebno ustvariti datoteko specifikacija.mod, ki je prikazana na sliki 8. Vrstice, ki se začnejo z //, so uporabljene le za vključitev komentarjev in v izračunu niso upoštevane.

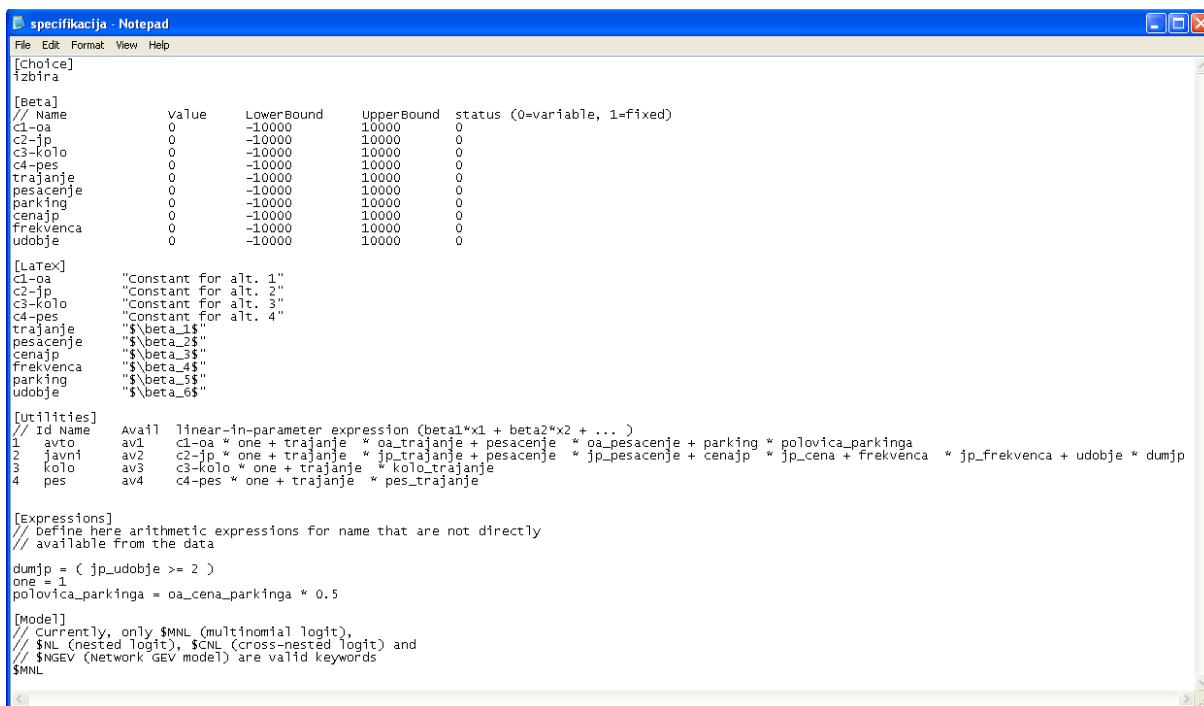
Datoteka je sestavljena iz več sekcij:

1. Sekcija [Choice]: Opiše, kje v datoteki najdemo odvisno spremenljivko.
2. Sekcija [Beta]: Vsebuje seznam koeficientov, ki jih je potrebno izračunati.

Prvi stolpec vsebuje oznake koeficientov, drugi pa privzeto vrednost (po navadi 0). Tretji in četrti stolpec sestavljajo spodnje in zgornje meje za vrednosti koeficientov. Primerna je uporaba -10000 in 10000. Zadnji stolpec pove, če mora biti koeficient izračunan (0) ali obdržimo privzeto vrednost (1).

3. Sekcija [Latex]: omogoča opis vsakega parametra za uporabo v Latex.

4. Sekcija [Utilities]: V tem delu je opisana specifikacija uporabnostnih funkcij za vsako alternativo. Uporabnostne funkcije morajo biti podane v obliki, ki vsebuje:
 - a) identifikator alternative z ustrezno številčno oznako,
 - b) ime alternative,
 - c) pogoj razpoložljivosti, v direktni zvezi z vnosom v podatkovni datoteki.
5. Sekcija [Expressions]: opiše, kako izračunati attribute, ki niso direktno podani v podatkih, v konkretnem primeru atribut »one«, atribut polovica_parkinga in pa ustrezna definicija neprave spremenljivke udobje.
6. Sekcija [Model]: pove tip modela, torej multimodalni logit model.



```
[choice]
izbira

[beta]
// Name      value      LowerBound  UpperBound  status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa       0          -10000      10000       0
c2-jp       0          -10000      10000       0
c3-kolo     0          -10000      10000       0
c4-pes     0          -10000      10000       0
trajanje   0          -10000      10000       0
pesacenje  0          -10000      10000       0
parking    0          -10000      10000       0
cena_jp    0          -10000      10000       0
frekvenca  0          -10000      10000       0
udobje     0          -10000      10000       0

[LaTeX]
c1-oa      "Constant for alt. 1"
c2-jp      "Constant for alt. 2"
c3-kolo    "Constant for alt. 3"
c4-pes     "Constant for alt. 4"
trajanje   "$\beta_1$"
pesacenje  "$\beta_2$"
cena_jp    "$\beta_3$"
frekvenca  "$\beta_4$"
parking    "$\beta_5$"
udobje     "$\beta_6$"

[Utilities]
// Id Name      Avail  linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto          av1    c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni         av2    c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cena_jp * jp_cena + frekvenca * jp_frekvenca + udobje * dumjp
3 kolo          av3    c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes          av4    c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje

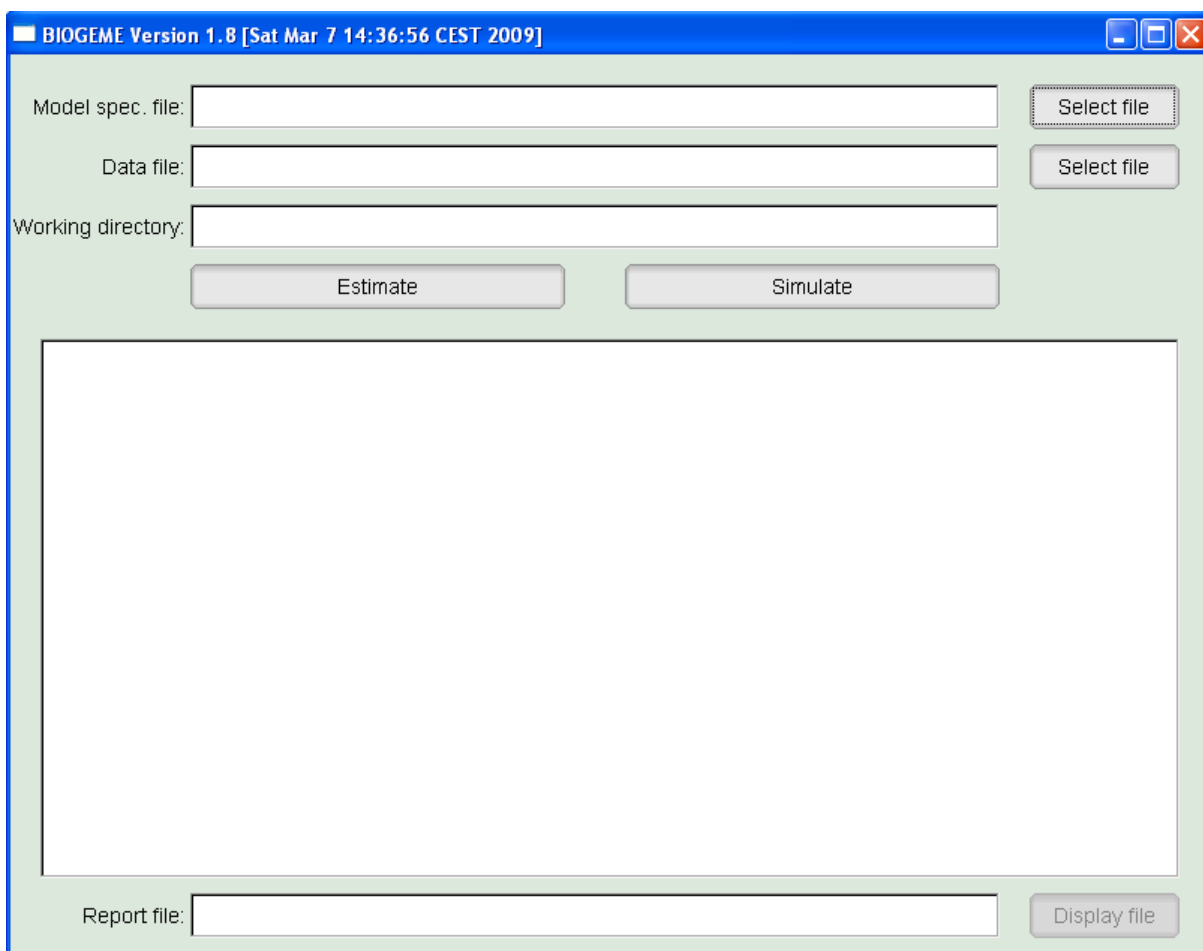
[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
dumjp = ( jp_udobje >= 2 )
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
```

Slika 8: Specifikacijski model

6.1.3 Uporabniški grafični vmesnik

Izbrati je potrebno datoteko specifikacije modela in podatkovno datoteko, nato pa klikniti na gumb *Estimate*, da Biogeme izračuna želene koeficiente. Če je izračun uspešen, rezultate prikažemo rezultate s klikom na gumb *Display file*.



Slika 9: Uporabniški grafični vmesnik

Narediti je potrebno torej tri vhodne datoteke in sicer podatkovno datoteko (.dat), datoteko specifikacije modela (.mod) in datoteko s parametri (.par), ki pa ni obvezna, če torej ne obstaja, jo ustvari program sam s privzetimi vrednostmi.

6.1.4 Izhodne datoteke programa BIOGEME 1.8

Izhodne datoteke programa BIOGEME so:

- rezultati (datoteka s končnico .rep),
- rezultati (HTML) (datoteka s končnico .html),
- rezultati (latex) (datoteka s končnico .tex),
- rezultati (ALogit) (datoteka s končnico .F12),
- končna datoteka specifikacije modela (datoteka s končnico .res) in
- statistike vzorca (datoteka s končnico .sta).

Rezultati so podani v datoteki s končnico .rep. Ta datoteka vsebuje rezultate najbolj verjetne ocene modela. Najprej so opisane splošne informacije:

- tip modela,
- število ocenjenih parametrov,
- število opazovanj,
- logaritem verjetja vzorca, kjer so vsi koeficienti za spremenljivke nični,
- logaritem verjetja vzorca za model, definiran v datoteki .mod,
- logaritem verjetja vzorca za ocenjen model,
- test koeficienta verjetja,
- ρ^2 in prilagojen ρ^2 ,
- gradient funkcije verjetja, izračunan za ocenjene parametre, če ni omejitev, mora biti vrednost blizu 0,
- diagnozo o doseženi konvergenci; v primeru, da konvergenca ni bila dosežena, predstavljeni rezultati kot taki niso uporabni,
- število iteracij,
- porabljen čas,
- način izračuna.

Temu sledijo rezultati:

- ocenjene vrednosti parametrov s pripadajočo standardno napako, t-testom in odgovarjajočo p-vrednostjo, ocenjene so tudi podobne vrednosti na podlagi grobe ocene matrik varianc – kovarianc;
- analiza kovarianc in korelacij med pari parametrov, razvrščenimi glede na vrednost t-testa, ocenjene so tudi podobne vrednosti na podlagi grobe ocene matrike varianc-kovarianc;
- poročilo o singularnosti matrike varianc in kovarianc (povzeto po Bierlaire, 2009).

6.1.4.1 Izključitev nepomembnih spremenljivk v rezultatih programa BIOGEME 1.8

Pri vrednostnih koeficientov programa BIOGEME 1.8 je podana vrednost t-testa, ki pove, če spremenljivka značilno vpliva na izbiro prometnega sredstva ali ne. T-test namreč testira nično hipotezo, da je vrednost koeficienta enaka 0 (torej sploh ne vpliva). Dovolj visoka

absolutna vrednost t-testa pomeni, da lahko nično hipotezo zavrnemo z veliko zanesljivostjo, torej spremenljivka vpliva na odvisno spremenljivko (v tem primeru izbiro). V programu BIOGEME 1.8 je uporabljen dvorepni t-test, kar pomeni, da bo nična hipoteza zavrnjena v primeru dovolj visoke negativne ali dovolj visoke pozitivne vrednosti. Za večjo stopnjo zaupanja, da lahko nično hipotezo zavrnemo, so zahtevane višje absolutne vrednosti t-testa (povzeto po Koppelman in Bhat, 2006 str. 82 – 83).

Konkretne vrednosti t-testa za zahtevano stopnjo zaupanja so prikazane v naslednji preglednici.

Preglednica: Absolutne vrednosti t-testa za zahtevano stopnjo zaupanja (Koppelman in Bhat, 2006 str. 84).

Stopnja zaupanja	Vrednosti t-testa
90%	1,645
95%	1,960
99%	2,576
99,5%	2,810
99,9%	3,290

V rezultatih programa Biogeme se ob neustrezni vrednosti (privzeto ± 1.96) t-testa prikaže *, kar pomeni, da spremenljivke ni priporočljivo upoštevati v rezultatih. Pri specifičnih konstantah alternativ se vrednosti t-testa ne upoštevata, saj služijo za primerjavo med alternativami. Tako bi lahko izbrali, naj bo vrednost ene konstante enaka 0, brez da bi pri tem škodljivo vplivali na kvaliteto razvitih uporabnostnih funkcij.

6.2 Izračun uporabnostnih funkcij EVA 2

6.2.1 Postopek izračuna parametrov z metodo največjega verjetja

Parametri modela a , b in c so izračunani z uporabo metode največjega verjetja (maximum likelihood method).

Če je Q množica vseh situacij v eksperimentu, $A(q)$ razpoložljive alternative v situaciji q in A_j izbrana alternative v situaciji q , lahko definiramo:

$$g_{jq} = \begin{cases} 1, & \text{če je bila v } q \text{ izbrana } A_j \\ 0, & \text{sicer.} \end{cases} \quad (27)$$

Funkcijo verjetja, ki je produkt verjetnosti, da vsak posameznik izbere isto opcijo, kot je bila dejansko izbrana, lahko zapišemo z enačbo (28):

$$L = \prod_{q=1}^Q \prod_{A_j \in A(q)} P_{jq}^{g_{jq}}. \quad (28)$$

Vendar pa je bolj priročna uporaba naravnega logaritma funkcije L . Parametri modela so tako lahko ocenjeni z iskanjem takšnih parametrov a_k, b_k, c_k , pri katerih ima funkcija, zapisana z enačbo (29) maksimum (povzeto po Ortúzar in Willumsen, 1999).

$$l = \ln L = \sum_{q=1}^Q \sum_{A_j \in A(q)} g_{jq} \ln P_{jq} \quad (29)$$

6.2.2 Izračun uporabnostnih funkcij v programu Microsoft Excel

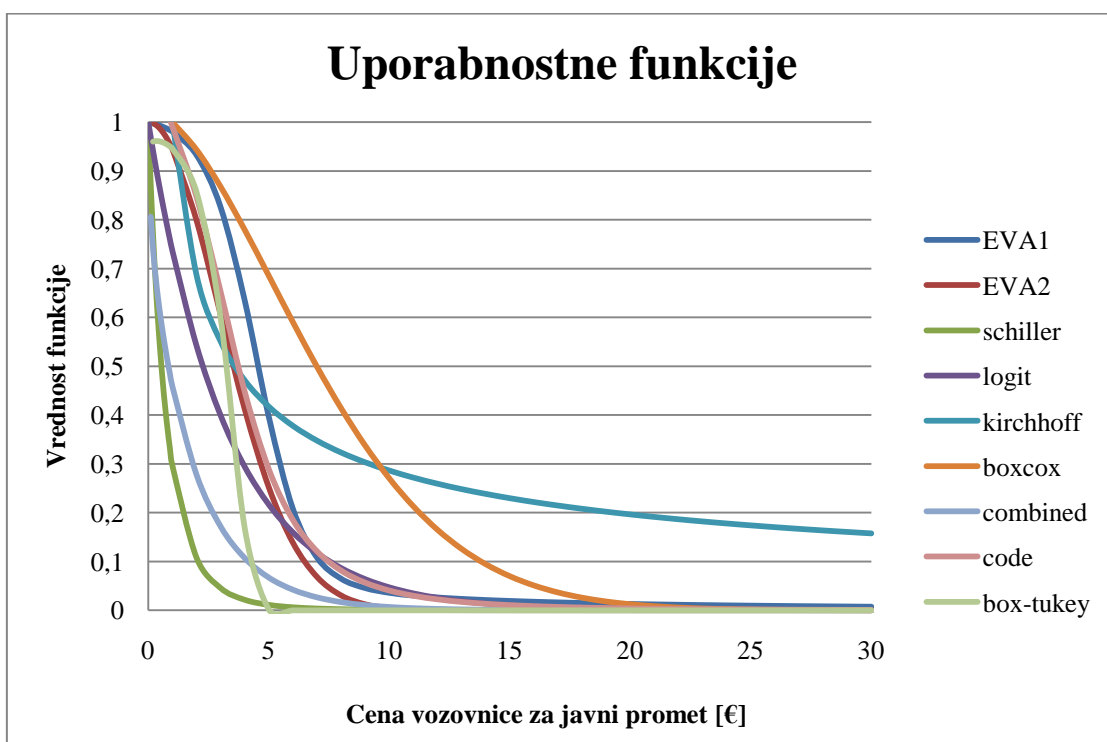
V programu Microsoft Excel 2007 sem uporabila prej opisano metodo največjega verjetja. Za iskanje maksimuma logaritma funkcije verjetja sem uporabila programsko opremo Evolver, ki je orodje za optimizacijo na podlagi genetskih algoritmov. Standardni optimizacijski program Excel Solver namreč najde le najboljšo lokalno rešitev, kar je problematično pri nelinearnih problemih, saj ta ni nujno povsem najboljša. Evolver pa z uporabo genetskih algoritmov omogoča raziskovanje celotne množice možnih rešitev.

7 REZULTATI

7.1 Različni tipi uporabnostnih funkcij

Vse uporabnostne funkcije so bile določene po metodi največjega verjetja v programu Microsoft Excel 2007 s pomočjo programa Evolver 5.5 (Palisade Decision Tools).

Na grafikonu 6 so prikazani različni tipi uporabnostnih funkcij za faktor cena javnega prometa za namen služba. V preglednici 7 so prikazane ocenjene vrednosti parametrov in logaritem funkcije verjetja.



Grafikon 6: Različni tipi uporabnostnih funkcij

Preglednica 7: Parametri in logaritem funkcije verjetja vseh tipov uporabnostnih funkcij

	EVA1	EVA2	Schiller	Logit	Kirchhoff	Boxcox	Combined	Code	Box-tukey
a	1,4250	2420,5750	5,9872				0,7202	3,3555	
b	4,7334	1,9820	4,4407			1,7276	-0,0687	0,1063	0,5122
c	0,8336	216,7200		-0,3060	-0,5429	-0,0431	-0,4536	0,0103	-0,0555
logaritem funkcije verjetja	-598,1250	-595,8490	-679,4600	-601,3290	-618,5900	-590,7410	-586,9050	-626,3640	-581,5790

Za oceno parametrov je bil uporabljen specifikacijski model z vsemi desetimi faktorji, za vsakega izmed njih pa so bili ocenjeni vsi potrebni parametri.

Logaritem funkcije verjetja je v splošnem pokazatelj, kateri model izbire prometnega sredstva je najustreznejši. Vendar je potrebno poudariti, da v preglednici 7 podan logaritem funkcije verjetja velja le za namen služba in ob upoštevanju specifikaciji modela brez izključitve kateregakoli faktorja.

7.2 Ocena parametrov multimodalnega logit modela s programom BIOGEME 1.8

Z uporabo prej opisanega specifikacijskega modela specifikacija.mod so izračunani vsi koeficienti za spremenljivke, za katere je v specifikacijskem modelu predpostavljeno, da na izbiro vplivajo. Vendar pa je v rezultatih, izračunanih za vsak namen razvidno, da vsaka spremenljivka za vsak namen ne vpliva na dejansko izbiro. Z namenom izključitve karakteristik prometnih sredstev, ki ne vplivajo značilno, so zato glede na vrednosti t-testa z uporabo specifikacijskega modela specifikacija.mod v nadaljevanju izključeni vsi koeficienti, ki ne vplivajo značilno (in s tem tudi spremenljivke). Rezultati, pridobljeni s specifikacijskim modelom specifikacija.mod, nove datoteke specifikacije in s programom BIOGEME 1.8 določeni parametri za vse namene potovanj, so prikazani na slikah 10 – 24.

V rezultatih, pridobljenih s specifikacijskim modelom specifikacija.mod, so obkrožene vrednosti t-testa z absolutno vrednostjo pod 1.96, saj za njih ne moremo s 95% stopnjo zaupanja trditi, da vplivajo na izbiro. Koeficienti, ki pripadajo obkroženim vrednostim na naslednjih slikah, so v nadaljevanju izključeni.

Name	value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
c1-oa	0.979	8.18e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00
c2-jp	0.148	8.18e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00
c3-kolo	-0.478	8.18e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00
c4-pes	-0.649	8.18e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00
cenajp	-0.276	0.0794	-3.48	0.00	0.0822	-3.36	0.00
frekvenca	-0.00716	0.00703	-1.02	0.31	* 0.00942	-0.76	0.45
parking	-1.18	0.116	-10.17	0.00	0.153	-7.76	0.00
pesacenje	-0.0389	0.0124	-3.13	0.00	0.0142	-2.73	0.01
trajanje	-0.0669	0.00678	-9.87	0.00	0.00697	-9.60	0.00
udobje	0.0126	0.172	0.07	0.94	* 0.179	0.07	0.94

Slika 10: Izračunani koeficienti za namen služba s specifikacijskim modelom specifikacija.mod

```

sp_sluzba.mod - Beležnica
Datoteka Urejanje Oblika Pogled Pomoč

[[choice]
Izbira
[Beta]
// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0
cenajp 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "Constant for alt. 1"
c2-jp "Constant for alt. 2"
c3-kolo "Constant for alt. 3"
c4-pes "Constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
cenajp "$\beta_3$"
parking "$\beta_4$"

[Utilities]
// id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cenajp * jp_cena
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje

[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data

one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

Slika 11: Popravljeni specifikacijski model za namen služba z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk

Utility parameters								

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
c1-oa	1.02	1.04e+006	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	0.125	1.04e+006	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.476	1.04e+006	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.667	1.04e+006	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.317	0.0690	-4.59	0.00	0.0830	-3.81	0.00	
parking	-1.19	0.116	-10.24	0.00	0.151	-7.85	0.00	
pesacenje	-0.0433	0.0117	-3.72	0.00	0.0128	-3.39	0.00	
trajanje	-0.0660	0.00670	-9.86	0.00	0.00708	-9.32	0.00	

Slika 12: Izračunani koeficienti za namen služba s popravljenim specifikacijskim modelom

Utility parameters								

Name	value	std err	t-test	p-val	Rob.	std err	Rob. t-test	Rob. p-val

c1-oa	0.0987	1.80e+308	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00
c2-jp	-0.819	1.80e+308	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00
c3-kolo	0.487	1.80e+308	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00
c4-pes	0.233	1.80e+308	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00
cenajp	0.183	0.242	0.76	0.45	*	0.243	0.75	0.45
frekvenca	-0.0121	0.0125	-0.96	0.34	*	0.0107	-1.12	0.26
parking	-0.939	0.256	-3.66	0.00	*	0.250	-3.76	0.00
pesaceenje	0.0177	0.0218	0.81	0.42	*	0.0233	0.76	0.45
trajanje	-0.0983	0.0183	-5.37	0.00	*	0.0179	-5.48	0.00
udobje	-0.214	0.387	-0.55	0.58	*	0.398	-0.54	0.59

Slika 13: Izračunani koeficienti za namen šola s specifikacijskim modelom specifikacija.mod

```

sp_šola.mod - Beležnica
Datoteka Urejanje Oblika Pogled Pomoč

[[Choice]
izbira
[Beta]
// Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "Constant for alt. 1"
c2-jp "Constant for alt. 2"
c3-kolo "Constant for alt. 3"
c4-pes "Constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
parking "$\beta_4$"

[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje
[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data

one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

Slika 14: Popravljeni specifikacijski model za namen šola z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk

```
Utility parameters
*****
Name      value      std err    t-test  p-val    Rob. std err  Rob. t-test  Rob. p-val
-----
c1-oa     -0.0634   1.80e+308 -0.00   1.00    * 8.25e+005    -0.00       1.00    *
c2-jp     -0.767    1.80e+308 -0.00   1.00    * 8.25e+005    -0.00       1.00    *
c3-kolo   0.505     1.80e+308 0.00    1.00    * 8.70e+005     0.00       1.00    *
c4-pes    0.326     1.80e+308 0.00    1.00    * 7.99e+005     0.00       1.00    *
parking   -0.803    0.223      -3.60   0.00     0.228        -3.51       0.00
trajanje -0.101    0.0177     -5.71   0.00     0.0158       -6.38       0.00
```

Slika 15: Izračunani koeficienti za namen šola s popravljenim specifikacijskim modelom

```
Utility parameters
*****
Name      value      std err    t-test  p-val    Rob. std err  Rob. t-test  Rob. p-val
-----
c1-oa     1.15      1.80e+308 0.00    1.00    * 1.80e+308     0.00       1.00    *
c2-jp     -0.400    1.80e+308 -0.00   1.00    * 1.80e+308     -0.00      1.00    *
c3-kolo   -0.262    1.80e+308 -0.00   1.00    * 1.80e+308     -0.00      1.00    *
c4-pes    -0.492    1.80e+308 -0.00   1.00    * 1.80e+308     -0.00      1.00    *
cenajp    0.185     0.167      1.11    0.27    * 0.155         1.19       0.23    *
frekvenca -0.0221   0.0111     -1.99   0.05     0.0107        -2.07      0.04
parking   -2.08     0.430      -4.83   0.00     0.373         -5.57      0.00
pesacenje -0.0860   0.0280     -3.07   0.00     0.0283        -3.03      0.00
trajanje  -0.0933   0.0143     -6.55   0.00     0.0166        -5.61      0.00
udobje    0.197     0.230      0.86    0.39    * 0.232         0.85       0.40    *
```

Slika 16: Izračunani koeficienti za namen nakup s specifikacijskim modelom specifikacija.mod

```

sp_nakup.mod - Beležnica
Datoteka Urejanje Oblika Pogled Pomoč

[Choice]
izbira
[Beta]
// Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0
frekvenca 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "Constant for alt. 1"
c2-jp "Constant for alt. 2"
c3-kolo "Constant for alt. 3"
c4-pes "Constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
frekvenca "$\beta_4$"
parking "$\beta_6$"

[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + frekvenca * jp_frekvencia
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje

[Expressions]
// define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
dumjp = ( jp_udobje >= 2 )
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

Slika 17: Popravljeni specifikacijski model za namen nakup z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk

Utility parameters								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	1.17	8.28e+006	0.00	1.00	* 2.23e+007	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.324	8.28e+006	-0.00	1.00	* 2.12e+007	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.303	8.28e+006	-0.00	1.00	* 2.21e+007	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.546	8.28e+006	-0.00	1.00	* 2.23e+007	-0.00	1.00	*
frekvenca	-0.0132	0.00667	-1.98	0.05	0.00669	-1.97	0.05	
parking	-2.14	0.427	-5.01	0.00	0.371	-5.77	0.00	
pesacenje	-0.0800	0.0274	-2.92	0.00	0.0279	-2.87	0.00	
trajanje	-0.0915	0.0142	-6.45	0.00	0.0164	-5.59	0.00	

Slika 18: Izračunani koeficienti za namen nakup s popravljenim specifikacijskim modelom

Utility parameters								

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	0.628	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.39e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.221	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.47e+005	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.436	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.47e+005	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.0286	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.41e+005	0.00	1.00	*
cenajp	-0.621	0.219	-2.84	0.00	0.211	-2.94	0.00	
frekvenca	0.0208	0.0189	1.10	0.27	* 0.0226	0.92	0.36	*
parking	-2.64	0.394	-6.69	0.00	0.567	-4.65	0.00	
pesacenje	-0.102	0.0300	-3.42	0.00	0.0337	-3.04	0.00	
trajanje	-0.102	0.0119	-8.50	0.00	0.0136	-7.45	0.00	
udobje	-0.176	0.234	-0.75	0.45	* 0.234	-0.75	0.45	*

Slika 19: Izračunani koeficienti za namen prosti čas s specifikacijskim modelom specifikacija.mod

```

sp_prostičas.mod - Beležnica
Datoteka Urejanje Oblika Pogled Pomoč

[choice]
izbira
[Beta]
// Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0
cenajp 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "constant for alt. 1"
c2-jp "constant for alt. 2"
c3-kolo "constant for alt. 3"
c4-pes "constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
cenajp "$\beta_3$"
parking "$\beta_5$"

[utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cenajp * jp_cena
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje

[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
dumjp = ( jp_udobje >= 2 )
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

Slika 20: Popravljeni specifikacijski model za namen prosti čas z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----	
c1-oa	0.611	2.14e+006	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.240	2.14e+006	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.424	2.14e+006	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.0526	2.14e+006	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00	*
cenajp	-0.478	0.171	-2.79	0.01		0.165	-2.89	0.00	
parking	-2.63	0.387	-6.79	0.00		0.536	-4.91	0.00	
pesacenje	-0.0922	0.0277	-3.32	0.00		0.0279	-3.31	0.00	
trajanje	-0.103	0.0118	-8.71	0.00		0.0132	-7.81	0.00	

Slika 21: Izračunani koeficienti za namen prosti čas s popravljenim specifikacijskim modelom

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----	
c1-oa	0.924	3.63e+005	0.00	1.00	*	1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.604	3.63e+005	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.305	3.63e+005	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.0151	3.63e+005	-0.00	1.00	*	1.80e+308	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.270	0.105	-2.56	0.01		0.119	-2.27	0.02	
frekvenca	0.00844	0.00523	1.62	0.11	*	0.00508	1.67	0.09	*
parking	-1.95	0.324	-6.00	0.00		0.346	-5.63	0.00	
pesacenje	-0.0483	0.0160	-3.03	0.00		0.0154	-3.14	0.00	
trajanje	-0.0849	0.0113	-7.51	0.00		0.0117	-7.26	0.00	
udobje	-0.0900	0.241	-0.37	0.71	*	0.250	-0.36	0.72	*

Slika 22: Izračunani koeficienti za namen ostalo s specifikacijskim modelom
specifikacija.mod


```

[Choice]
izbira
[Beta]
// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0
cenajp 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "Constant for alt. 1"
c2-jp "Constant for alt. 2"
c3-kolo "Constant for alt. 3"
c4-pes "Constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
cenajp "$\beta_3$"
parking "$\beta_5$"
[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cenajp * jp_cena
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje
[Expressions]
// define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5
[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

Slika 23: Popravljeni specifikacijski model za namen ostalo z izključitvijo koeficientov statistično neznačilnih spremenljivk

Utility parameters								
Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	1.14	5.70e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.694	5.70e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.345	5.70e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.0990	5.70e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.171	0.0857	-2.00	0.05	0.0866	-1.97	0.05	
parking	-2.22	0.313	-7.08	0.00	0.344	-6.44	0.00	
pesacenje	-0.0413	0.0155	-2.67	0.01	0.0150	-2.76	0.01	
trajanje	-0.0789	0.0107	-7.40	0.00	0.0112	-7.03	0.00	

Slika 24: Izračunani koeficienti za namen ostalo s popravljenim specifikacijskim modelom

7.2.1 Uporabnostne funkcije

S pomočjo ocenjenih koeficientov za spremenljivke, ki značilno vplivajo, lahko torej zapišemo uporabnostne funkcije za preučevane namene. Pri tem je potrebno omeniti, da

ocenjene uporabnostne funkcije za določen namen veljajo za dve izvorno- ciljni skupini, saj sta z namenom zavzeti potovanji — tja in nazaj.

7.2.1.1 Uporabnostne funkcije za namen služba (izvorno ciljni skupini dom-služba in služba-dom)

Osebni avtomobil:

$$U = 1.02 - 0.0660 \times oa_trajanje - 0.0433 \times oa_pesacenje - 1.19 \times \frac{oa_parking}{2}$$

Javni promet:

$$U = 0.125 - 0.0660 \times jp_trajanje - 0.0433 \times jp_pesacenje - 0.317 \times jp_cena$$

Kolo:

$$U = -0.476 - 0.0660 \times kolo_trajanje$$

Peš:

$$U = -0.667 - 0.0660 \times pes_trajanje$$

7.2.1.2 Uporabnostne funkcije za namen šola (izvorno ciljni skupini dom-šola in šola-dom)

Osebni avtomobil:

$$U = -0.0634 - 0.101 \times oa_trajanje - 0.803 \times \frac{oa_parking}{2}$$

Javni promet:

$$U = -0.767 - 0.101 \times jp_trajanje$$

Kolo:

$$U = 0.505 - 0.101 \times kolo_trajanje$$

Peš:

$$U = 0.326 - 0.101 \times pes_trajanje$$

7.2.1.3 Uporabnostne funkcije za namen nakup (izvorno ciljni skupini dom-nakup in nakup-dom)

Osebni avtomobil:

$$U = 1.17 - 0.0915 \times \text{oa_trajanje} - 0.0800 \times \text{oa_pesacenje} - 2.14 \times \frac{\text{oa_parking}}{2}$$

Javni promet:

$$U = -0.324 - 0.0915 \times \text{jp_trajanje} - 0.0800 \times \text{jp_pesacenje} - 0.0132 \times \text{jp_frekvenca}$$

Kolo:

$$U = -0.303 - 0.0915 \times \text{kolo_trajanje}$$

Peš:

$$U = -0.546 - 0.0915 \times \text{pes_trajanje}$$

7.2.1.4 Uporabnostne funkcije za namen prosti čas (izvorno ciljni skupini dom-prosti čas in prosti čas-dom)

Osebni avtomobil:

$$U = 0.611 - 0.103 \times \text{oa_trajanje} - 0.0922 \times \text{oa_pesacenje} - 2.63 \times \frac{\text{oa_parking}}{2}$$

Javni promet:

$$U = -0.240 - 0.103 \times \text{jp_trajanje} - 0.0922 \times \text{jp_pesacenje} - 0.478 \times \text{jp_cena}$$

Kolo:

$$U = -0.424 - 0.103 \times \text{kolo_trajanje}$$

Peš:

$$U = 0.0526 - 0.103 \times \text{pes_trajanje}$$

7.2.1.5 Uporabnostne funkcije za namen ostalo (izvorno ciljni skupini dom-ostalo in ostalo-dom)

Osebni avtomobil:

$$U = 1.14 - 0.0789 \times oa_trajanje - 0.0413 \times oa_pesacenje - 2.22 \times \frac{oa_parking}{2}$$

Javni promet:

$$U = -0.694 - 0.0789 \times jp_trajanje - 0.0413 \times jp_pesacenje - 0.171 \times jp_cena$$

Kolo:

$$U = -0.345 - 0.0789 \times kolo_trajanje$$

Peš:

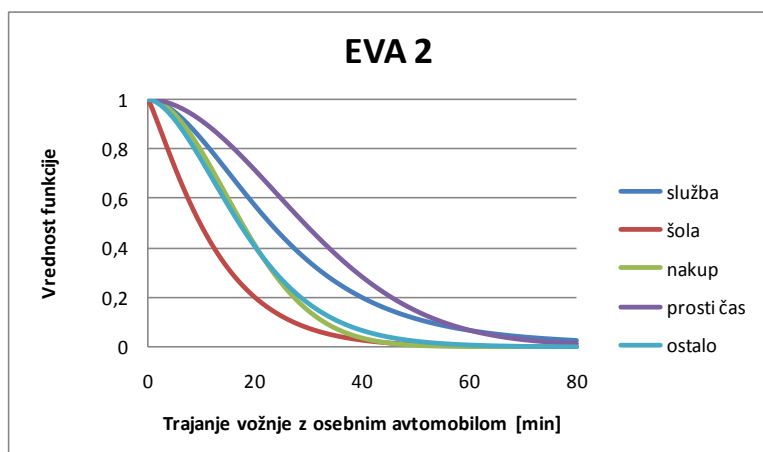
$$U = -0.0990 - 0.0789 \times pes_trajanje$$

7.3 Uporabnostne funkcije EVA 2

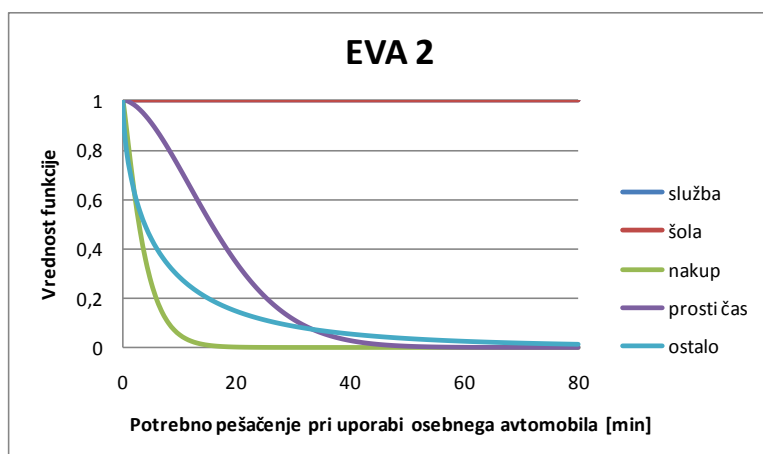
V programu Microsoft Excel 2007 sem s pomočjo programa Evolver 5.5 (Palisade Decision Tools) ocenila še parametre uporabnostnih funkcij EVA 2. Izračunani parametri a, b in c so prikazani v preglednici 8, oblike uporabnostnih funkcij pa prikazujejo grafikoni 7 – 15. Pri tem v preglednici in grafikonih ni prikazana spremenljivka *jp_udobje*, saj se vpliv udobja ne pokaže za noben namen.

Preglednica 8: Ocenjeni parametri uporabnostnih funkcij EVA 2

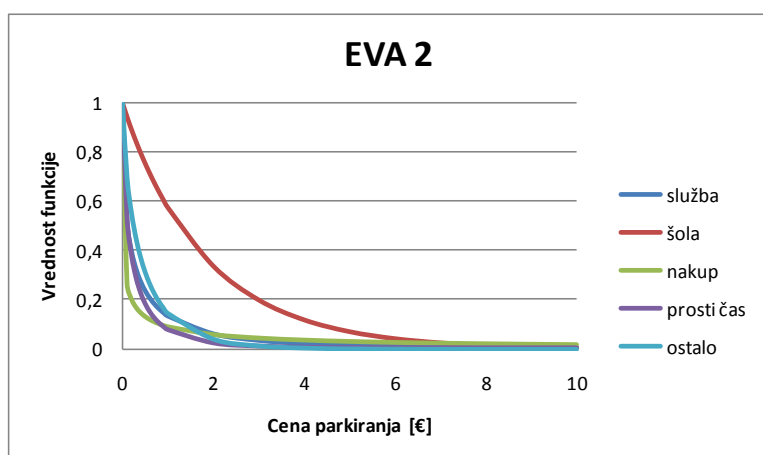
SLUŽBA									
	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	kolo_trajanje	pes_trajanje
a	3,409		40,253	51,010	3597,371	2420,575		1616,083	3,068
b	1,771		0,493	0,563	2,185	1,982		0,960	1,712
c	52,666		203,578	2637,739	1238,828	216,720		12020,827	14,025
ŠOLA									
	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	kolo_trajanje	pes_trajanje
a	239,447		6894,551	61,845				15244,876	1,776
b	1,172		0,970	1,121				1,443	23,736
c	1424,363		8275,984	375,719				16386,581	18,800
NAKUP									
	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	kolo_trajanje	pes_trajanje
a	139,795	49,704	4,912	48,168	0,015		3,420	18,034	2,000
b	1,922	1,172	0,308	1,202	322,338		0,312	0,587	0,384
c	277,512	107,577	2,192	276,101	9,942		20,128	279,449	0,365
PROSTI ČAS									
	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	kolo_trajanje	pes_trajanje
a	898,581	5772,432	25,695	1176,493	54,312	12,258		82,857	176,602
b	1,912	1,737	0,627	1,136	0,520	0,334		0,532	1,065
c	1235,147	2804,392	17,809	6463,994	5812,568	9061,938		9740,934	908,055
OSTALO									
	oa_trajanje	oa_pesacenje	oa_cena_parkinga	jp_trajanje	jp_pesacenje	jp_cena	jp_frekvenca	kolo_trajanje	pes_trajanje
a	8,703	20,217	248,797	27,424	218,117	0,052		18,861	0,036
b	1,737	0,633	0,729	0,605	1,626	15,449		0,543	68,031
c	71,504	759,565	390,234	579,587	899,976	0,163		296,787	4,261



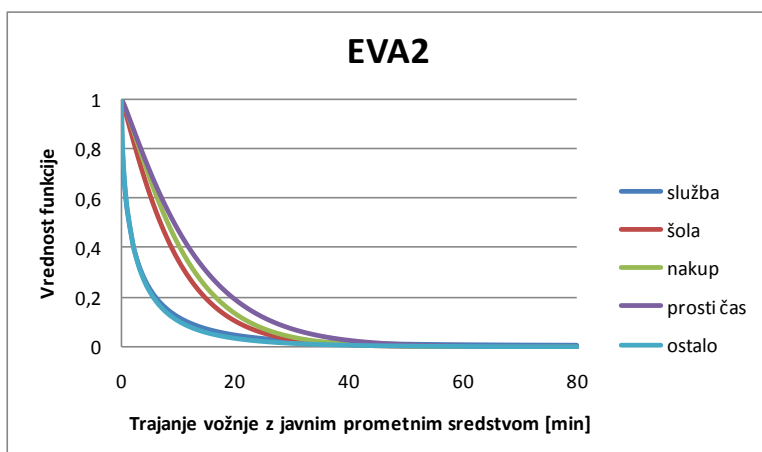
Grafikon 7: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja vožnje z osebnim avtomobilom



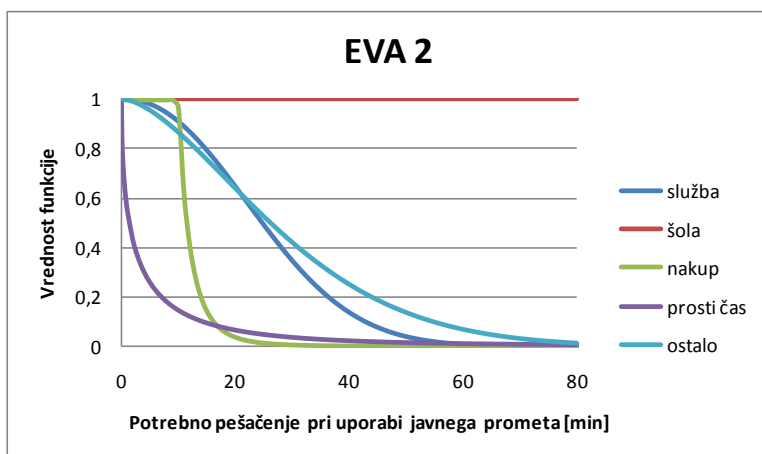
Grafikon 8: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv potrebnega pešačenja pri uporabi osebnega avtomobila



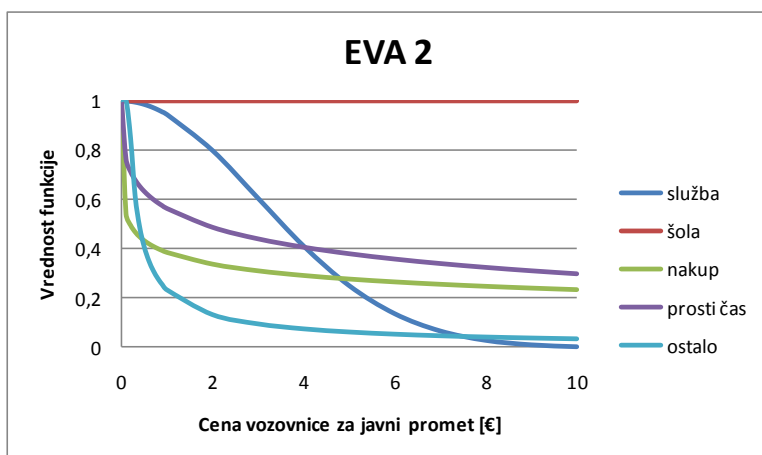
Grafikon 9: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv cene parkiranja



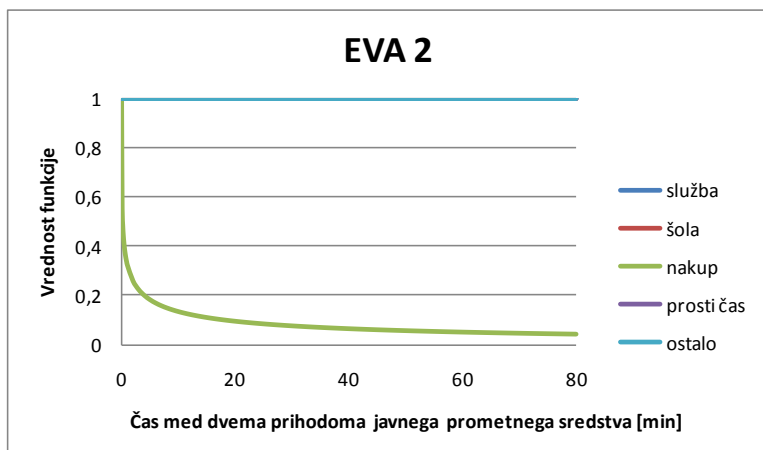
Grafikon 10: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja vožnje z javnim prometnim sredstvom



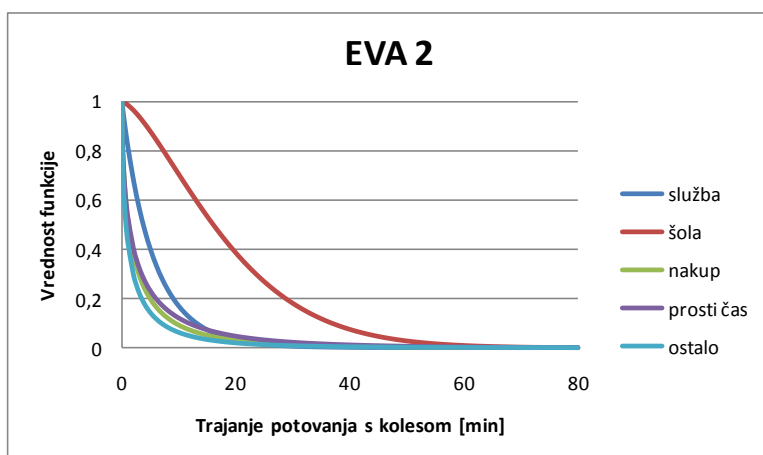
Grafikon 11: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv potrebnega pešačenja pri uporabi javnega prometnega sredstva



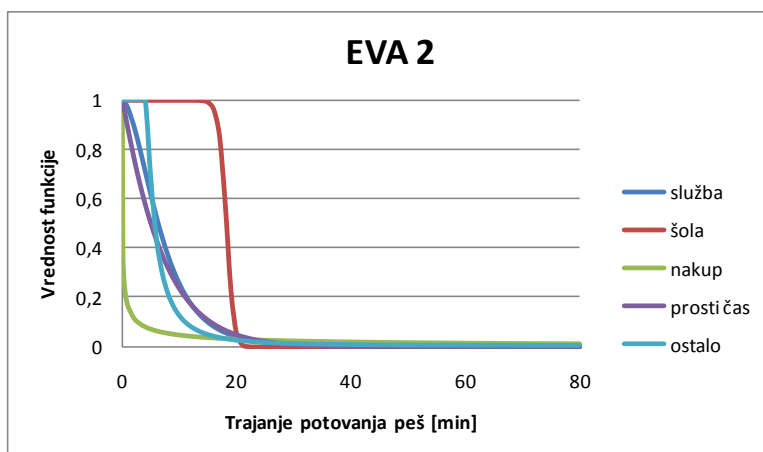
Grafikon 12: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv cene javnega prometa



Grafikon 13: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv frekvence javnega prometa



Grafikon 14: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja potovanja s kolesom



Grafikon 15: EVA 2 uporabnostne funkcije za vpliv trajanja potovanja peš

Vrednosti EVA 2 funkcij za nekatere spremenljivke so konstantno enake 1, kadar je prometno sredstvo, katerega faktor je izbrana spremenljivka, razpoložljivo. Glede na izračun verjetnosti, ki vključuje množenje vrednosti EVA 2 funkcij za vse parametre generaliziranih stroškov potovanja z uporabo določenega prometnega sredstva je razvidno, da te spremenljivke na izbiro prometnega sredstva nimajo vpliva.

8 INTERPRETACIJA MODELOV IZBIRE PROMETNEGA SREDSTVA

Z modeloma izbire prometnega sredstva sem skušala zajeti vpliv desetih faktorjev. Upoštevala sem pet faktorjev potovanja z javnim prometnim sredstvom in sicer pogostost prihodov vozil javnega prometa (frekvenca), trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom, potrebno pešačenje do in od postaje javnega prometnega sredstva, udobje in cena javnega prometnega sredstva. Za potovanja z osebnim avtomobilom sem upoštevala tri faktorje in sicer trajanje vožnje z osebnim avtomobilom, potrebno pešačenje od parkirišča do cilja in ceno parkiranja. Za potovanja s kolesom in peš pa sem upoštevala po en faktor in sicer trajanje potovanja s kolesom oziroma peš.

Glede na to, da je bilo upoštevano sorazmerno veliko število faktorjev, je razumljivo, da se lahko pojavijo težave pri izbiranju prometnega sredstva v hipotetičnih situacijah, saj le težko med sabo primerjamo spreminjanje desetih faktorjev. Posledica tega je lahko, da nekaterih faktorjev med primerjanjem dejansko ne upoštevamo, od koder sledi nepomembnost spremenljivke v modelu. To pomeni, da nepomembnost določene spremenljivke v modelu ne pomeni, da dejansko nima nekega (četudi majhnega) vpliva na izbiro prometnega sredstva, ampak to, da imajo druge spremenljivke večji vpliv in je anketirani njihovo spreminjanje bolje zaznal.

Kljub velikemu številu faktorjev pa je potrebno omeniti, da omenjeni faktorji ne pomenijo celotnega spektra možnih vplivov na izbiro prometnega sredstva. Primer je denimo vreme, ki prav gotovo močno vpliva na pešce in kolesarje. Sicer bi upoštevanje vremena dalo rezultate bolj podobne dejanskim, vendar s tem ne bi pridobili na kvaliteti modela izbire prometnega sredstva, saj na vreme v nasprotju z drugimi upoštevanimi faktorji ni možno vplivati. Prav tako niso upoštevani indirektni stroški uporabe posameznih prometnih sredstev (npr. poraba goriva, nakup vozila), saj je njihova vključitev težavna, poleg tega pa se jih pri primerjavi manj zavedamo.

8.1 Interpretacija rezultatov multimodalnega logit modela

Rezultati kažejo, da se uporabnostne funkcije posameznih prometnih sredstev za posamezne namene razlikujejo, kar je tudi osnovna predpostavka.

V nobeno od uporabnostnih funkcij za katerikoli namen ni vključena spremenljivka udobje, saj so vrednosti ustreznega t-testa prenizke. Razlogov za to je lahko več, med drugim:

- Uporabnikovo zaznavanje stopnje »boljše« je lahko slabo.
- Tudi če stopnja udobja javnega prometa naraste, potnik dojema stopnjo udobja javnega prometa še vedno kot manj udobno v primerjavi z uporabo osebnega avtomobila.
- Stopnja udobja za veliko uporabnikov javnega prometa je že dovolj dobra.

Cena parkiranja ima glede na rezultate največji vpliv na izbiro prometnega sredstva, kar kaže na dokaj nizko pripravljenost na plačilo parkiranja. To kaže tudi na prisotnost zavedanja indirektnih stroškov osebnega avtomobila. Rezultat je pomemben glede na to, da bi zvišanje cene parkiranja v splošnem lahko pomenilo spremembe v izbiri prometnega sredstva.

Edina druga spremenljivka, ki je vključena v vseh uporabnostnih funkcijah, je potovalni čas z vsakim prometnim sredstvom, kar prikazuje pomembno stopnjo vrednotenja časa. Potrebno je poudariti, da so cene izražene v evrih, trajanje pa v minutah.

Poleg teh dveh spremenljivk so za različne namene v uporabnostne funkcije vključene še nekatere druge spremenljivke. V uporabnostne funkcije za namen služba so vključene še potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila in javnega prometa in cena javnega prometa. Največja vrednost specifične konstante je za prometno sredstvo osebni avtomobil in pada v sledečem vrstnem redu: javni promet, kolo, peš. Vrednost specifične konstante za osebni avtomobil je bistveno višja kot za ostale namene. Vrednost specifičnih konstant pomeni, da je v splošnem uporaba osebnega avtomobila najbolj priljubljena, pešačenje pa najmanj priljubljeno, če so ostali stroški potovanja enaki.

Za namen šola ni drugih vključenih spremenljivk, kar je na prvi pogled presenetljivo. Vendar pa sama izključitev drugih spremenljivk pomeni le, da njihova sprememba v predpostavljenih deležih ne vpliva na izbiro. Izključitev spremenljivke cena javnega prometa ob dejansko veliko nižjih cenah vozovnic za šolarje pomeni, da so takšne spremembe v absolutnem smislu manjše in manj razpoznavne. Izključitev spremenljivke potrebno pešačenje nakazuje, da so šolarji bolj pripravljeni pešačiti kot druge skupine potnikov in so spremembe potrebnega časa v definiranih odstotnih deležih manj pomembne. Najvišja vrednost specifične konstante je za

prometno sredstvo kolo in pada kot sledi: peš, osebni avtomobil, javni transport. Razlika v primerjavi z ostalimi nameni je tu bistvena in kaže na veliko večjo pripravljenost na uporabo kolesa ali pešačenja kot pri ostalih namelih. Razlogi so lahko v več dejstvih:

- Socialni položaj študentov je večinoma slabši kot položaj drugih skupin. Stopnja zavedanja indirektnih stroškov uporabe osebnega avtomobila je iz tega razloga verjetno višja, kar pomeni splošno manjšo priljubljenost osebnega avtomobila in višjo priljubljenost brezplačnih prometnih sredstev (kolo, peš).
- Velik delež študentov z začasnim prebivališčem v Ljubljani ima možnost uporabe kolesa ali pa pešačenja, ker so razdalje manjše, uporaba drugih prometnih sredstev tako pomeni dražjo, a ne nujno bolj udobno izbiro (prometne konice).

Za namen nakup sta vključeni še spremenljivki potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila in javnega prometa ter frekvenca javnega prometa. V uporabnostni funkciji za osebni avtomobil je visoka vrednost koeficienta za vpliv cene parkiranja, medtem ko, zanimivo, cena javnega prometa ni vključena v uporabnostno funkcijo za javni promet. Rezultat je lahko posledica dejstva, da so v večini nakupovalnih središč v Ljubljani na voljo brezplačni parkirni prostori. Najvišja vrednost specifične konstante je pri prometnem sredstvu osebni avtomobil in pada kot sledi: kolo, javni promet, peš. Konstanta za osebni avtomobil je veliko višja kot vse druge, ki so tudi negativne, kar kaže na največjo pripravljenost na uporabo osebnega avtomobila in veliko manjšo pripravljenost na uporabo kateregakoli drugega prometnega sredstva.

Za namen prosti čas sta vključeni še spremenljivki potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila in javnega prometa ter cena javnega prometa. Najvišja vrednost specifične konstante je pri prometnem sredstvu osebni avtomobil in pada kot sledi: peš, javni promet, kolo. To pomeni da potniki najraje uporabijo osebni avtomobil, medtem ko so ostale alternative manj priljubljene, vendar je razlika manjša kot pri namenu nakup.

Za namen ostalo sta vključeni še spremenljivki potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila in javnega prometa ter cena javnega prometa. Najvišja vrednost specifične konstante je pri prometnem sredstvu osebni avtomobil in pada kot sledi: peš, kolo, javni promet. To pomeni da potniki najraje uporabijo osebni avtomobil, medtem ko so ostale alternative manj priljubljene.

8.2 Interpretacija rezultatov EVA 2 uporabnostnih funkcij

Iz grafikonov 7 do 15 je razvidna razlika med oblikami klasične eksponentne funkcije, ki je uporabljena za izračun verjetnosti uporabe prometnega sredstva v multimodalnem logit modelu in obliko EVA 2 uporabnostne funkcije. Slednja omogoča spremembo stopnje padanja funkcije, kar omogoča boljši opis manjšega vpliva manjših vrednosti.

EVA 2 funkcije so razvite na podlagi drugačne specifikacije modela. Uporaba enotnega koeficienta za vpliv trajanja posameznih alternativ tu namreč ne bi bila dobra izbira, saj bi zaradi odsotnosti specifične konstante onemogočala razlike v uporabnosti prometnih sredstev kolo in peš. Koeficienti vseh spremenljivk so dodeljeni alternativam specifično.

V EVA 2 uporabnostnih funkcijah so spremenljivke, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva, iste kot v multimodalnem logit modelu, drugače je le v primeru potrebnega pešačenja pri uporabi osebnega avtomobila za namen služba, česar pa ni možno primerjati med modeloma, saj je v primeru potrebnega pešačenja uporabljena različna specifikacija v obeh modelih. V primeru multimodalnega logit modela je namreč uporabljen enoten koeficient za vpliv pešačenja pri uporabi osebnega avtomobila in javnega prometa.

Na prvi pogled so nekatere oblike EVA 2 funkcij presenetljive; na grafikonu 9 so na primer vrednosti funkcije za vpliv cene parkiranja za namen šola višje kot za namen služba. To na prvi pogled kaže na večjo pripravljenost študentov na plačilo parkiranja. Seveda pa je potrebno upoštevati, da je v kalkulaciji verjetnosti za uporabo prometnega sredstva upoštevan produkt vrednosti funkcij vseh vplivnih spremenljivk. V nadaljevanju je na konkretnem primeru prikazano, da je uporaba osebnega avtomobila za namen šola za konkretno potovanje manj verjetna kot za namen služba pri povečevanju cene parkiranja.

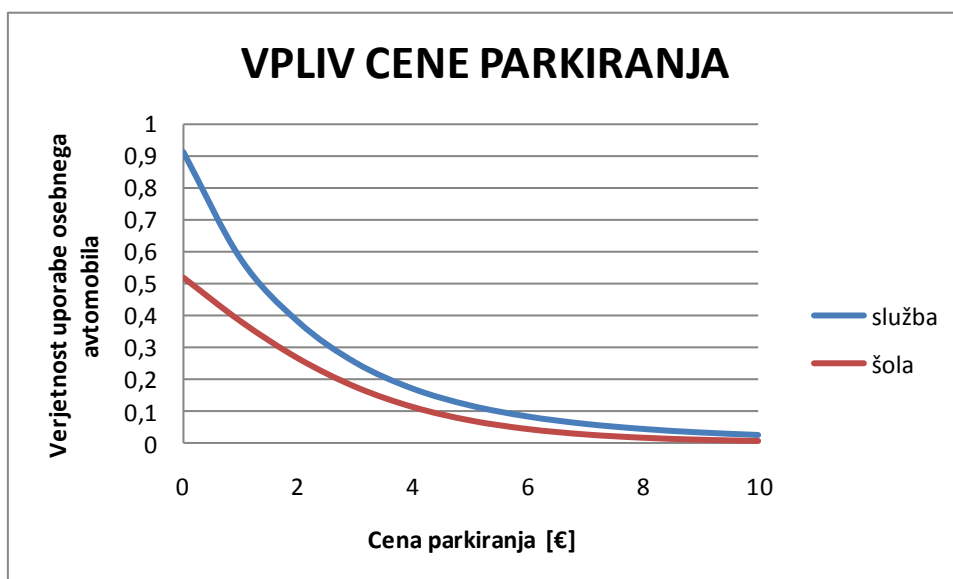
Vrednosti faktorjev za obravnavani konkretni primer potovanja so prikazane v preglednici 9. Poleg teh faktorjev je upoštevana še cena parkiranja, ki pa se spreminja od 0 do 10 evrov.

Preglednica 9: Parametri izbranega konkretnega potovanja

Trajanje vožnje z osebnim avtomobilom [min]	Trajanje vožnje pri uporabi javnega prometa [min]	Potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa [min]	Cena vozovnice javnega prometa [€]	Trajanje potovanja s kolesom [min]	Trajanje potovanja peš [min]
10	15	5	0,8	25	35

Preglednica 10: Verjetnost uporabe posameznega prometnega sredstva pri spreminjanju cene parkiranja

Cena parkiranja [€]	Verjetnost potovanja z osebnim avtomobilom	Verjetnost potovanja z javnim prometom	Verjetnost potovanja s kolesom	Verjetnost potovanja peš
Namen služba				
0	91%	7%	1%	0%
1	58%	33%	7%	2%
2	38%	48%	10%	3%
3	25%	58%	13%	4%
4	17%	64%	14%	5%
5	12%	69%	15%	5%
6	8%	71%	15%	5%
7	6%	73%	16%	5%
8	4%	74%	16%	5%
9	3%	75%	16%	5%
10	2%	76%	16%	5%
Namen šola				
0	51%	20%	28%	0%
1	38%	26%	36%	0%
2	26%	31%	43%	0%
3	17%	34%	48%	0%
4	11%	37%	52%	0%
5	7%	39%	54%	0%
6	4%	40%	56%	0%
7	3%	41%	57%	0%
8	2%	41%	57%	0%
9	1%	41%	58%	0%
10	1%	41%	58%	0%



Grafikon 16: Vpliv cene parkiranja za konkretno potovanje

Iz preglednice 10 je razvidno, da pri povečevanju cene parkiranja pada verjetnost uporabe osebnega avtomobila za oba namena, pri namenu služba tako pri večji ceni parkiranja prednjači uporaba javnega prometa, pri namenu šola pa kolesa. Iz grafikona 16 pa je nadalje razvidno, da je graf verjetnosti uporabe osebnega avtomobila za namen služba nad grafom verjetnosti uporabe osebnega avtomobila za namen šola za vse cene parkiranja. Direktna primerjava grafov EVA 2 funkcije za ceno parkiranja z interpretacijo večje verjetnosti uporabe osebnega avtomobila pri višji ceni parkiranja za namen šola je tako nerealna.

Takšna direktna primerjava vrednotenja časa pa je možna pri potovanjih peš in s kolesom, saj je tu trajanje edina spremenljivka. Lahko torej sklepamo, da so študentje bolj pripravljeni uporabiti kolo, če je trajanje takega potovanja daljše. Študentje so tudi bolj pripravljeni iti peš na nekoliko daljša potovanja, vendar za zelo dolga potovanja to ne velja.

8.3 Primer vpliva spreminjanja faktorjev potovanja na verjetnost uporabe prometnih sredstev na konkretnem primeru potovanja

Obravnavala sem konkretno potovanje za namen ostalo, z upoštevanjem faktorjev, podanih v preglednici 11. Verjetnosti uporabe posameznih prometnih sredstev z uporabo obeh ocenjenih modelov prometnega sredstva so prikazane v preglednici 12. V nadaljevanju prikazani grafikoni 17 do 32 prikazujejo verjetnosti izbire posameznega prometnega sredstva ob spreminjanju vrednosti enega faktorja ob konstantni vrednosti vseh ostalih faktorjev. Za izračun verjetnosti sta uporabljena oba ocenjena modela izbire prometnega sredstva, kar omogoča medsebojno primerjavo obeh modelov.

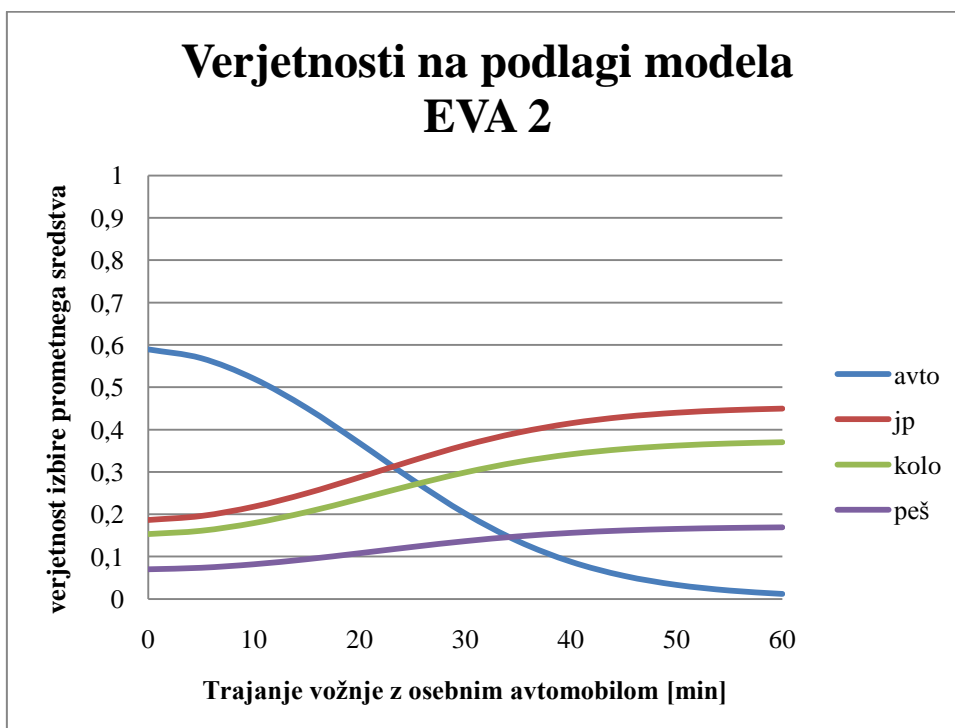
Potrebno je omeniti, da takšno spreminjanje vrednosti faktorjev v nekaterih primerih ni povsem realno; medtem, ko je spreminjanje cene izvedljivo, pa je spreminjanje trajanja potovanja in potrebnega pešačenja težje izvedljivo (uvedba posebnih voznih pasov za javni promet, izgradnja novih kolesarskih poti in pločnikov, nova parkirna mesta in postaje javnega prometa), predvsem pa ni možno v nedogled.

Preglednica 11: Faktorji izbranega potovanja

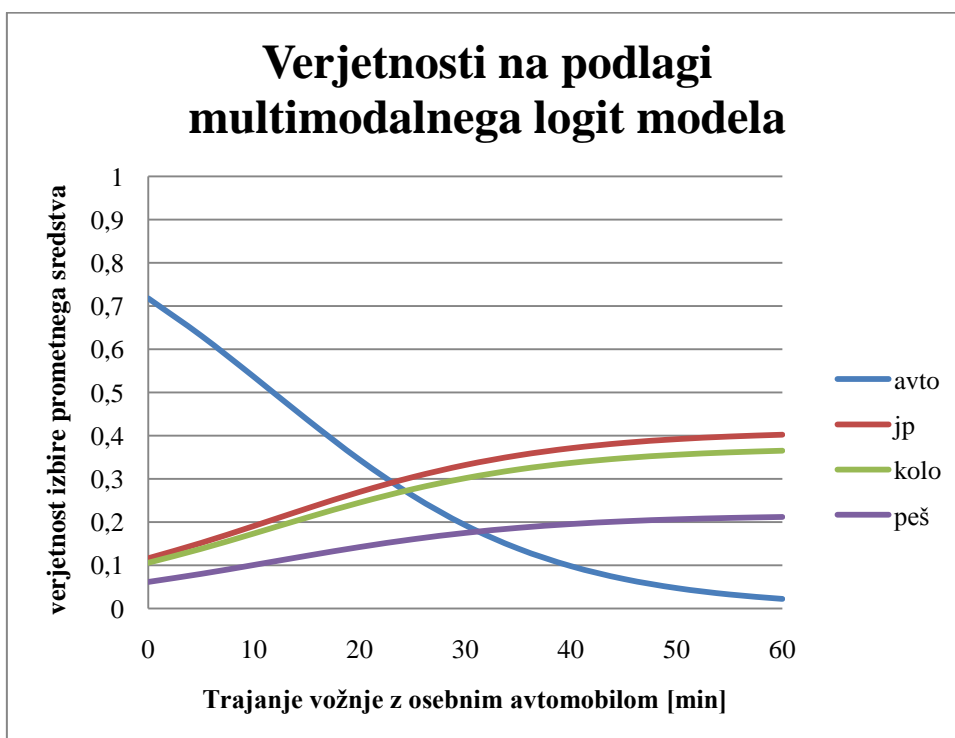
Trajanje vožnje z osebnim avtomobilom [min]	Potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila [min]	Cena parkiranja [€]	Trajanje vožnje pri uporabi javnega prometa [min]	Potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa [min]	Cena vozovnice javnega prometa [€]	Trajanje potovanja s kolesom [min]	Trajanje potovanja peš [min]
10	5	1,2	15	5	0,8	25	35

Preglednica 12: Verjetnosti izbire prometnih sredstev za konkretno potovanje

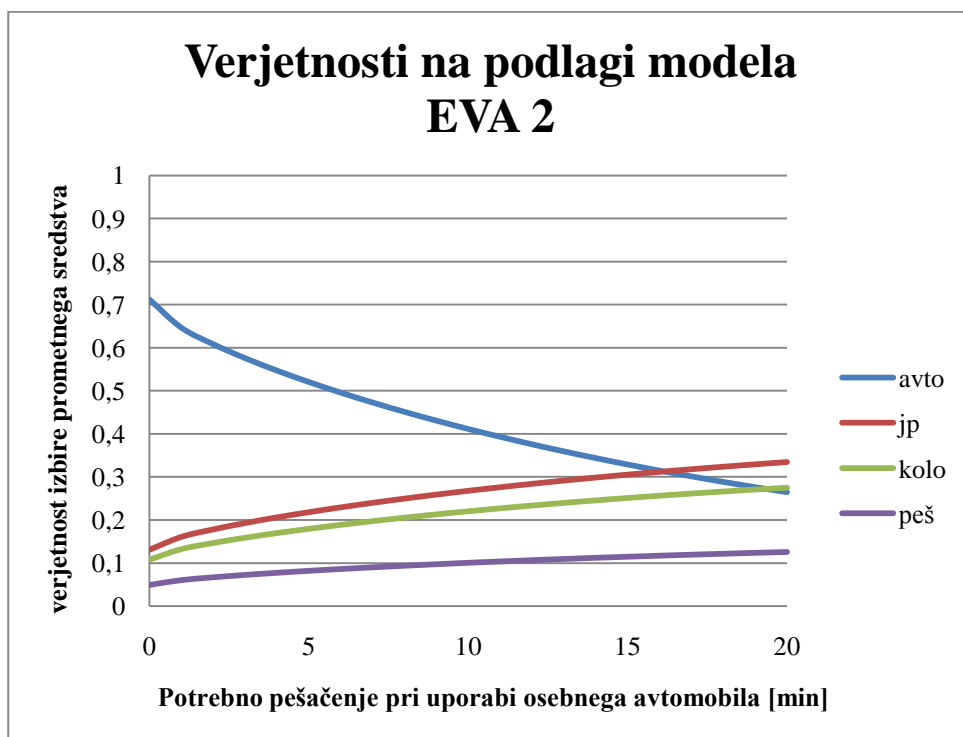
	Verjetnost potovanja z osebnim avtomobilom	Verjetnost potovanja z javnim prometom	Verjetnost potovanja s kolesom	Verjetnost potovanja peš
EVA 2 model	0,52	0,22	0,18	0,08
Multimodalni logit model	0,54	0,19	0,17	0,10



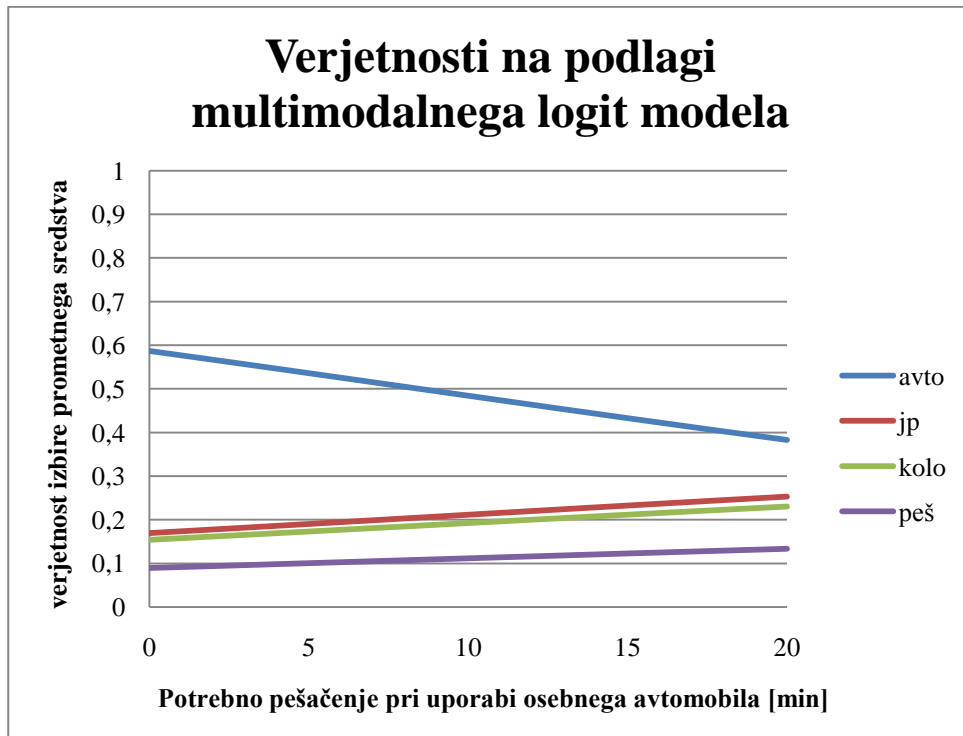
Grafikon 17: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z osebnim avtomobilom - EVA 2



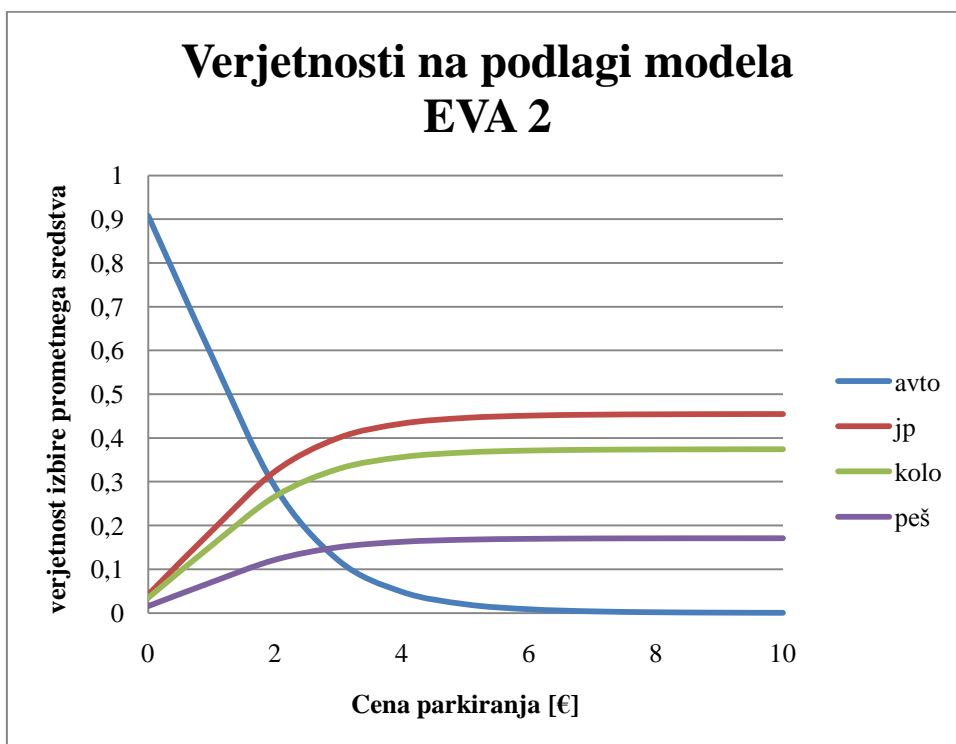
Grafikon 18: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z osebnim avtomobilom – multimodalni logit model



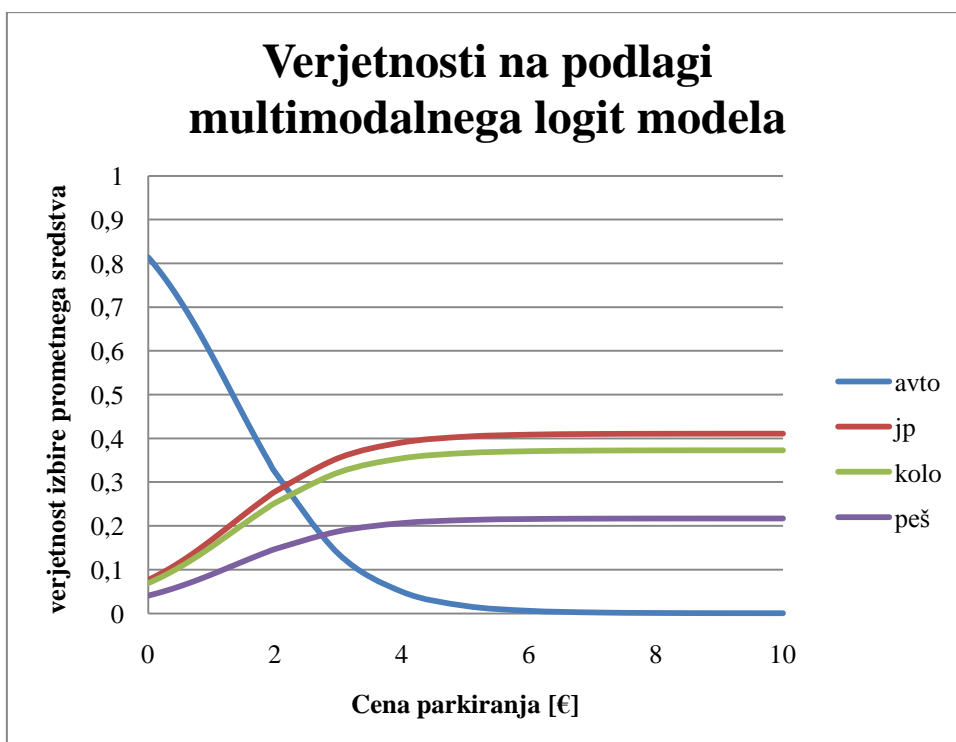
Grafikon 19: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila – EVA 2



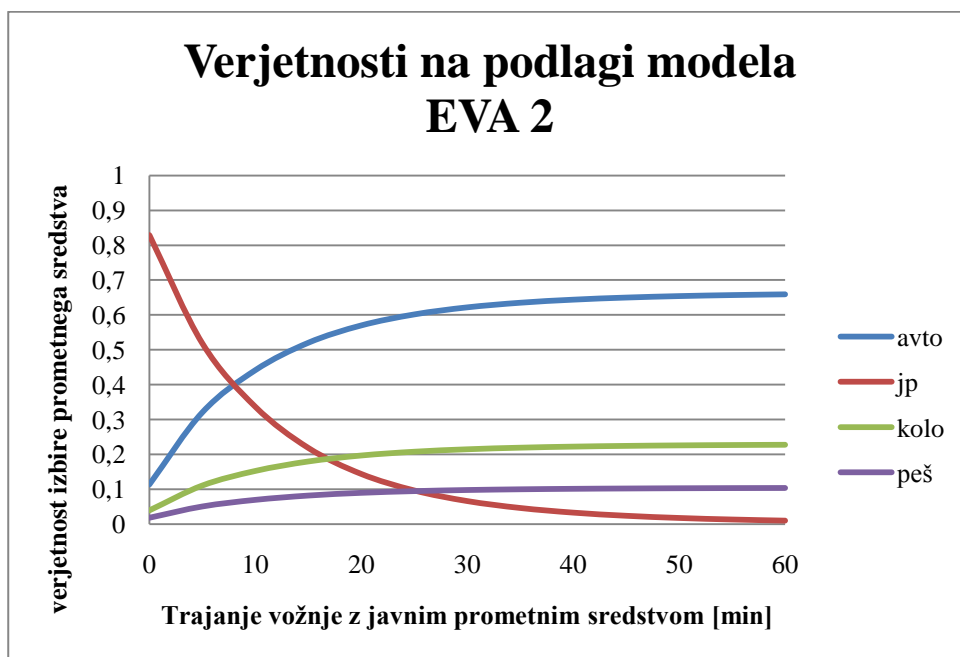
Grafikon 20: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila – multimodalni logit model



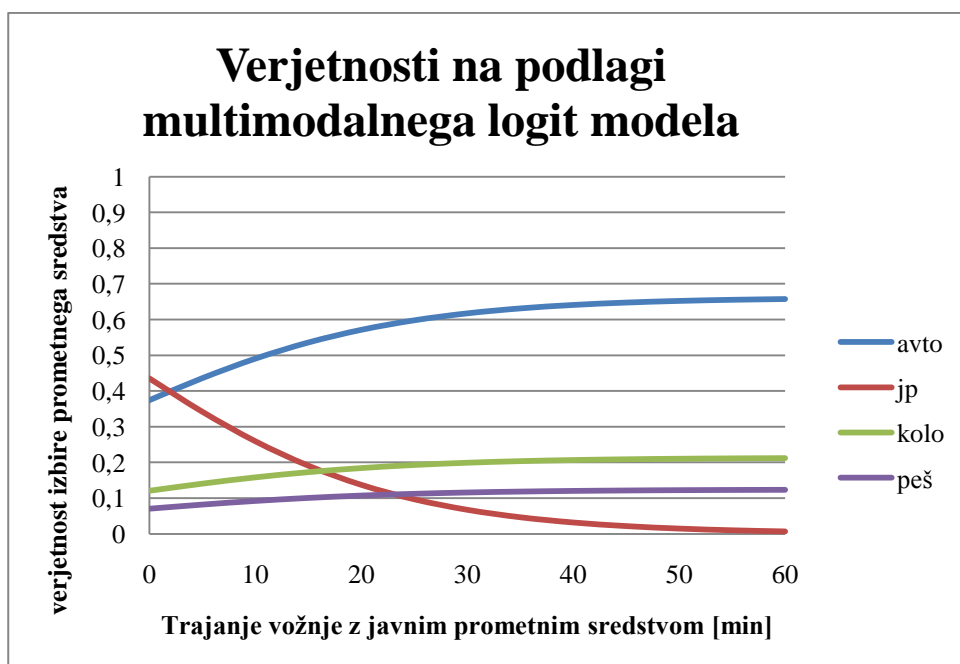
Grafikon 21: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno parkiranja – EVA 2



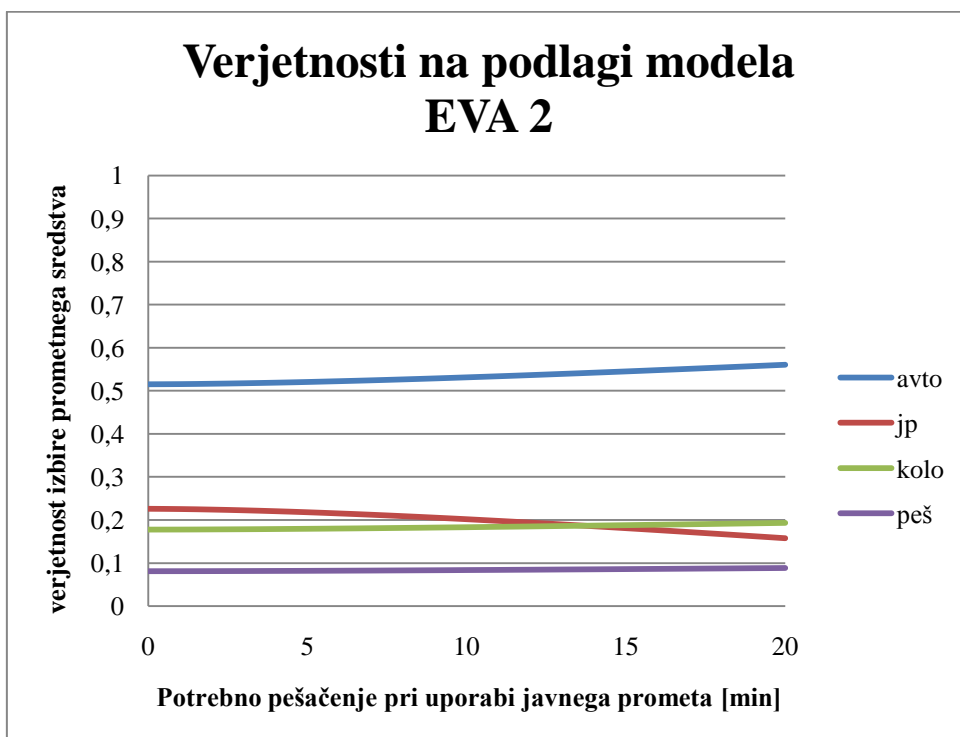
Grafikon 22: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno parkiranja – multimodalni logit model



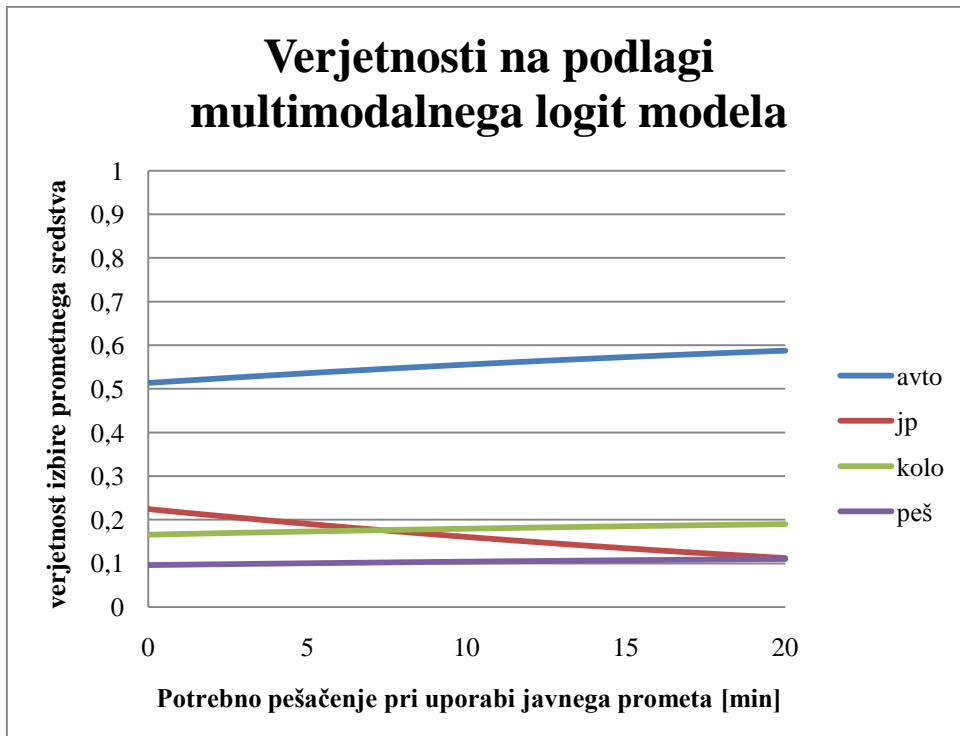
Grafikon 23: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom – EVA 2



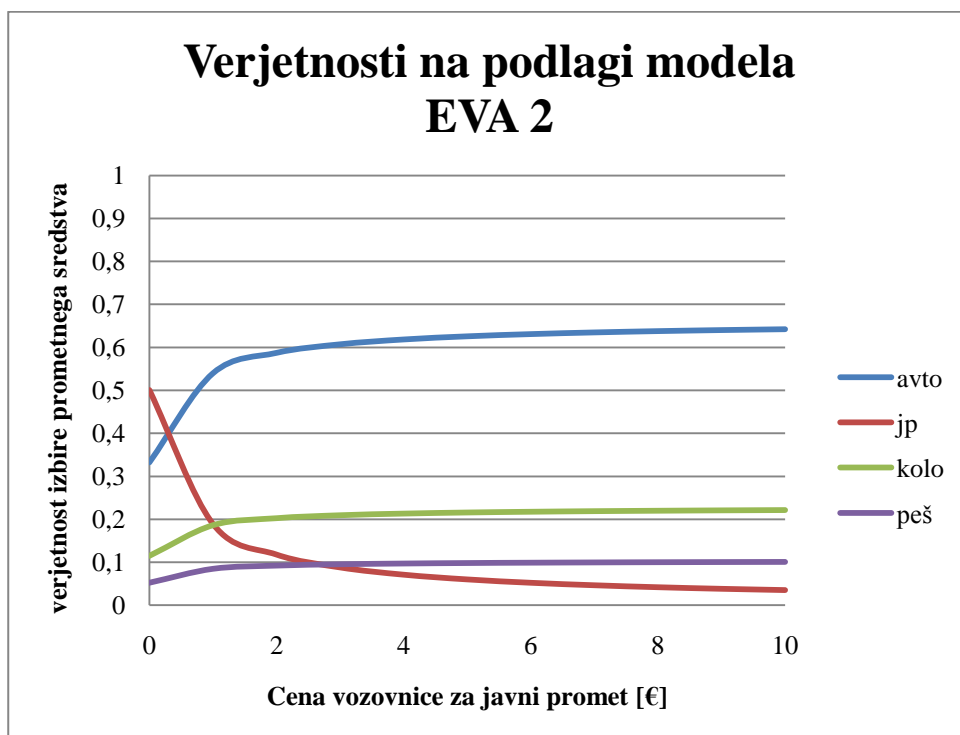
Grafikon 24: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom – multimodalni logit model



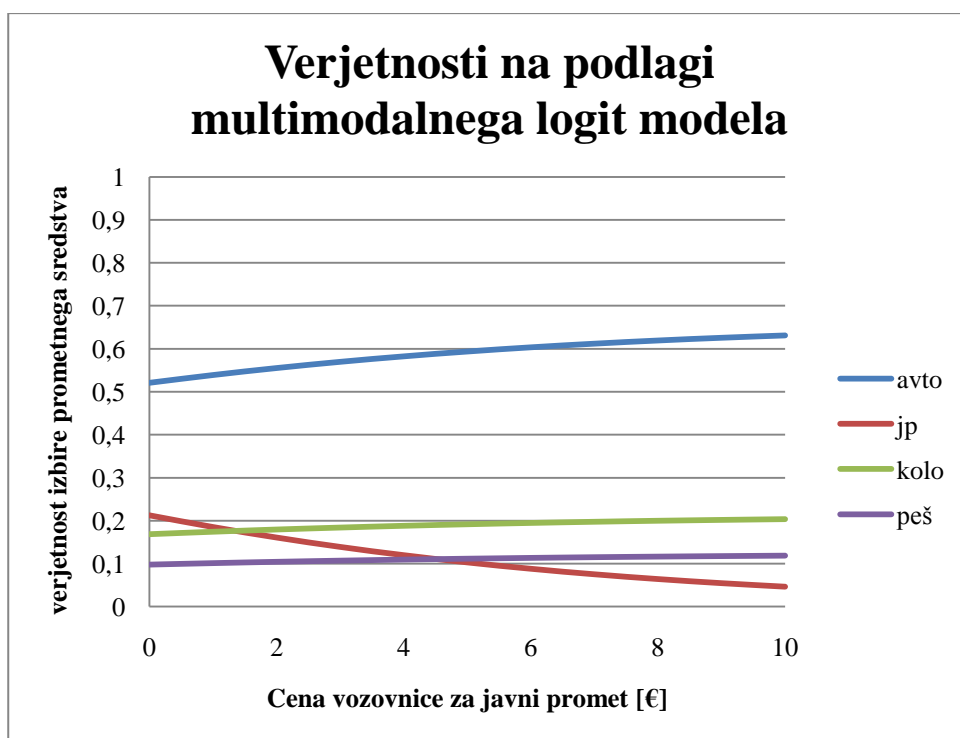
Grafikon 25: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa– EVA 2



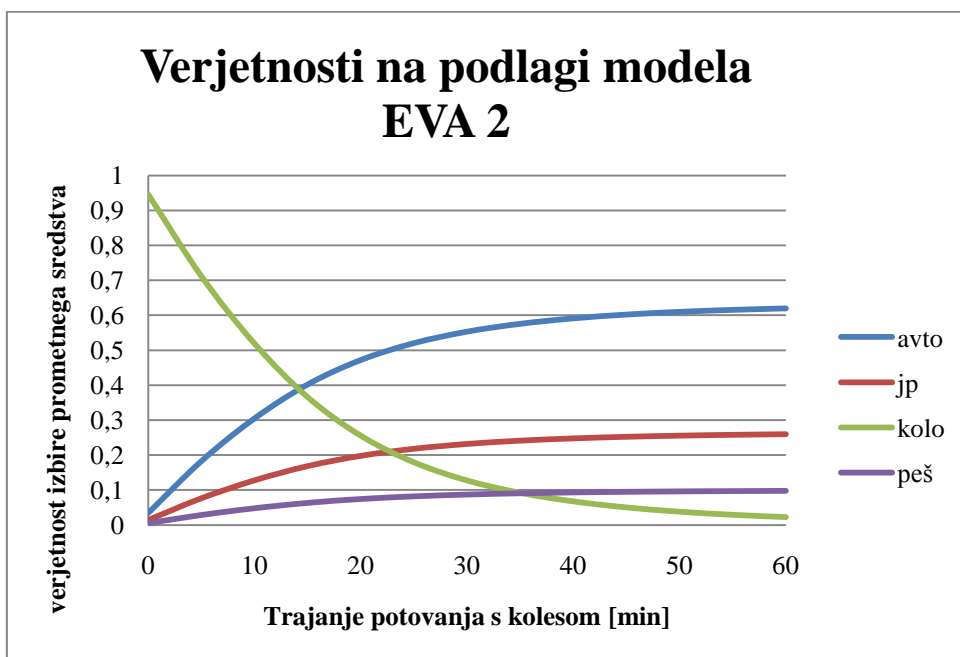
Grafikon 26: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa– multimodalni logit model



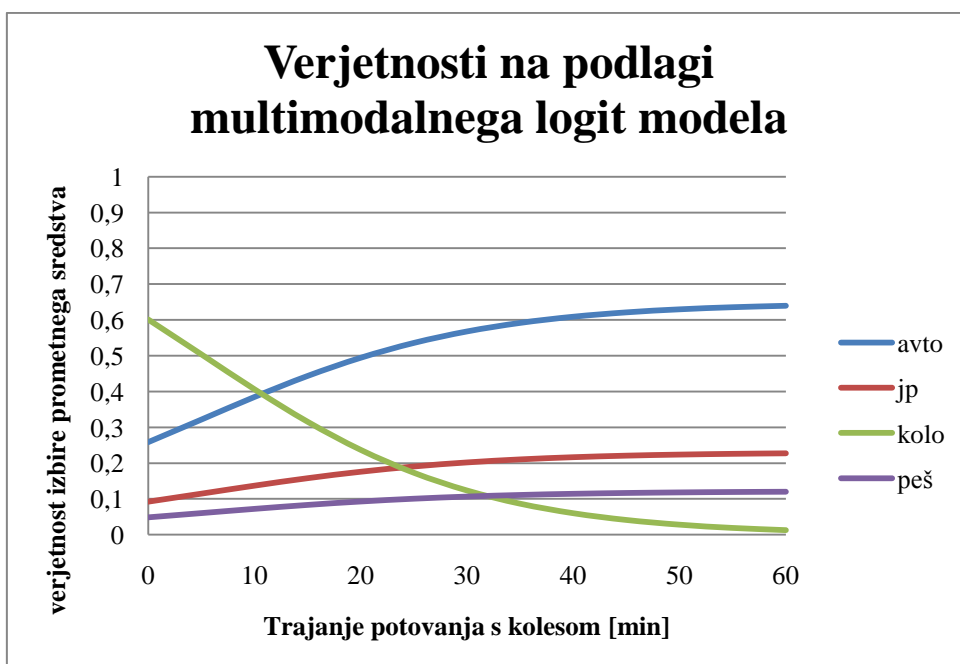
Grafikon 27: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno javnega prometa– EVA 2



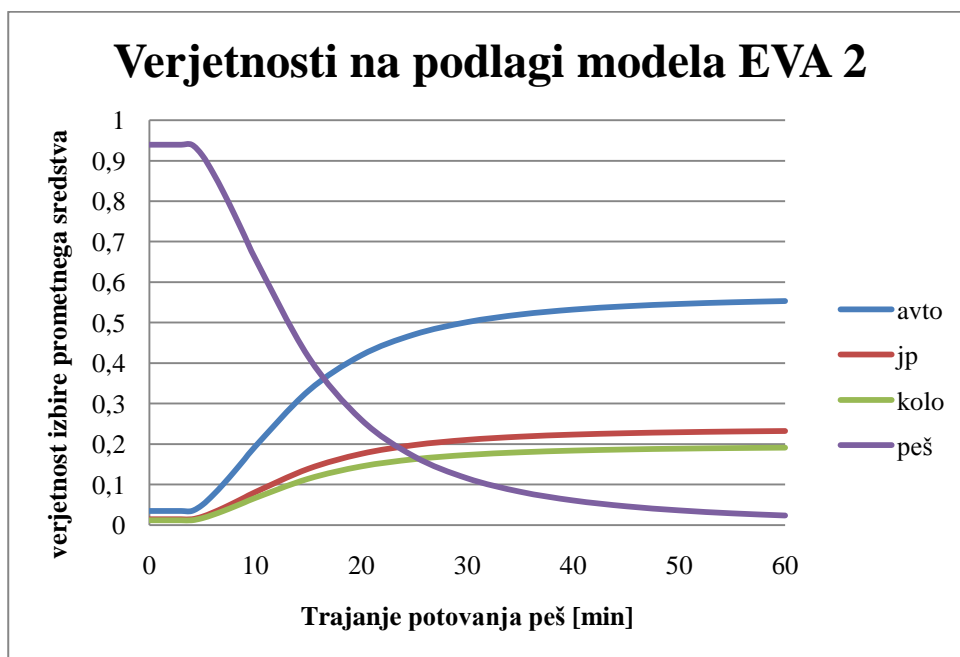
Grafikon 28: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na ceno javnega prometa - multimodalni logit model



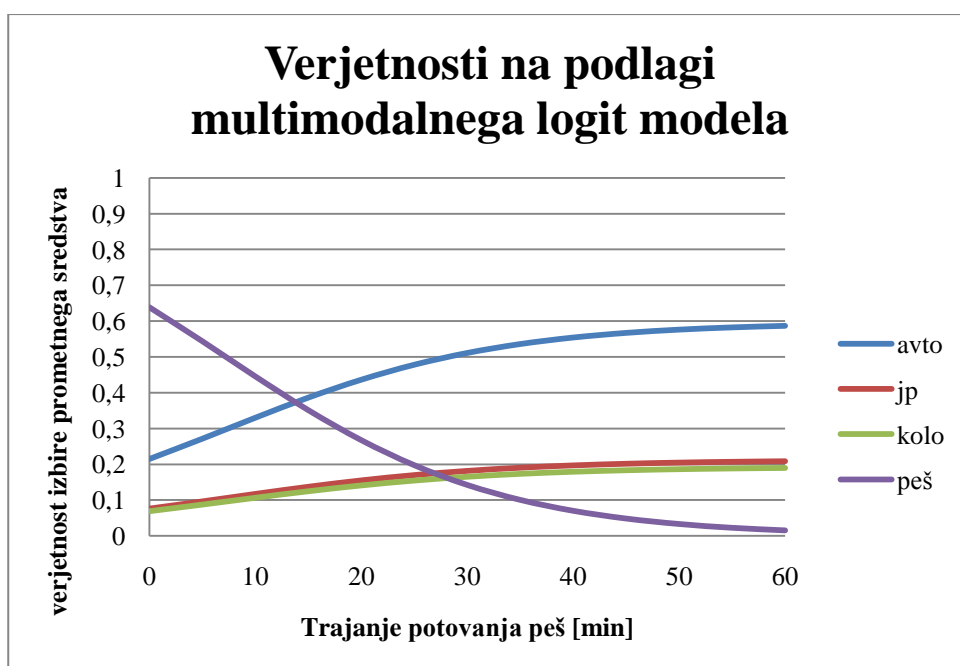
Grafikon 29: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja s kolesom – EVA 2



Grafikon 30: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja s kolesom – multimodalni logit model



Grafikon 31: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja peš – EVA 2



Grafikon 32: Verjetnosti izbire prometnih sredstev glede na trajanje potovanja peš – multimodalni logit model

V preglednici 12 prikazane verjetnosti izbire prometnega sredstva za konkretno potovanje so zelo podobne, kar kaže na podobnost obeh modelov izbire prometnega sredstva.

Iz grafikonov 17 – 32 je razvidna primerjava oblik grafa funkcij verjetnosti med obema modeloma izbire prometnega sredstva. Grafi verjetnosti v obeh modelih izbire dosegajo v splošnem podobne vrednosti verjetnosti v obsegu realnih sprememb vrednosti faktorjev (npr. trajanje potovanja 0 min bi bilo nerealno). Iz grafikonov je razvidna večja prilagodljivost oblike spreminjanja verjetnosti EVA 2 modela izbire prometnega sredstva.

Na tem mestu je treba poudariti, da do razlik med grafi verjetnosti v obeh modelih prometnega sredstva prihaja tudi zaradi različne specifikacije spremenljivk.

V splošnem je težko opredeliti, kateri model izbire prometnega sredstva je boljši. Informacijo o tem nam sicer poda logaritem funkcije verjetja, vendar je vrednost logaritma verjetja odvisna tudi od specifikacije modela in izključenosti nepomembnih spremenljivk iz nje. Ker je specifikacija modela v obeh primerih modelov izbire prometnega sredstva različna, direktna primerjava ni mogoča. Pri enaki specifikaciji logit (ki je enak multimodalnemu logit modelu z izjemo neupoštevanja konstant prometnih sredstev) in EVA 2 uporabnostnih funkcij (preglednica 7), pa je logaritem funkcije verjetja večji v primeru EVA 2 uporabnostnih funkcij za namen služba. To nakazuje na splošno boljše ujemanje modela izbire prometnega sredstva EVA 2 z dejansko izbiro prometnega sredstva, ugotovljeno z anketo izražene preference.

9 ZAKLJUČEK

Za oceno parametrov modela prometnega sredstva je bila najprej potrebna pridobitev podatkov. V ta namen je bila izvedena ustrezno sestavljena anketa izražene preference z upoštevanjem desetih faktorjev prometnih sredstev (trajanje vožnje z osebnim avtomobilom, potrebno pešačenje pri uporabi osebnega avtomobila, cena parkiranja, trajanje vožnje z javnim prometnim sredstvom, potrebno pešačenje pri uporabi javnega prometa, pogostost prihodov javnega prometnega sredstva, cena javnega prometa, udobje javnega prometa, trajanje potovanja s kolesom, trajanje potovanja peš). V anketi je anketiranec v vsaki od desetih hipotetičnih situacij izbral prometno sredstvo, ki bi ga v situaciji uporabil.

Naloga vsebuje oceno parametrov dveh modelov izbire prometnega sredstva, vsak od njiju prikazuje rezultate ločeno za pet različnih namenov (služba, šola, nakup, prosti čas, ostalo).

Modela izbire prometnega sredstva se med seboj razlikujeta v sami specifikaciji, saj je v primeru multimodalnega logit modela uporabljen enoten koeficient za trajanje in pešačenje potovanj z vsemi prometnimi sredstvi, medtem ko so v EVA 2 modelu parametri ocenjeni posamično za vsak faktor.

V primeru multimodalnega logit modela je za en faktor ocenjen en parameter, medtem ko so v modelu EVA 2 za vsak faktor ocenjeni trije parametri. Posledica različnega števila potrebnih parametrov za oba modela izbire prometnega sredstva je večja prilagodljivost oblike funkcij v korist EVA 2 modela.

Multimodalni logit model vsebuje poleg ocenjenih parametrov za posamezne faktorje tudi konstante prometnih sredstev, ki ločujejo verjetnosti izbire posameznega prometnega sredstva v primeru enakih generaliziranih stroškov.

Rezultat ocene parametrov modela izbire prometnega sredstva so uporabnostne funkcije v takšni obliki, da je možna vgradnja modela izbire prometnega sredstva v obstoječi prometni model.

VIRI

1 Uporabljeni viri

Ben-Akiva, M.E., Lerman, S.R. 1985. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand, Cambridge, MIT Press: 416 str.

Bierlaire, M. 2009. Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8, Laussane, <http://transp-or2.epfl.ch/biogeme/doc/tutorial.pdf>, (22.9.2009).

Koppelman, F. S., Bhat, C. 1996. A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models, U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration: str. 82 – 84.
<http://www.scribd.com/doc/24988004/A-Self-Instructing-Course-in-Mode-Choice-Modeling-Multinomial-and-Nested-Logit-Models>, (25.9.2009).

NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods,
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri33a.htm>, (1.9.2009).

Ortúzar, J. de D., Willumsen, L. G. 1999. Modelling transport. Second Edition. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.: 439 str.

VISUM 11.0 Basics. 2009. Karlsruhe, PTV AG : 706 str.

2 Ostali viri

Axhausen, K.W., Köll, H., Bader, M. 1998. Experiments with SP and CA approaches to mode choice. European Transport Conference 1998
<http://etcproceedings.org/paper/experiments-with-sp-and-ca-approaches-to-mode-choice>, (3.9.2009).

Axhausen, K.W. 2006. The Swiss National Model and the Swiss value of travel time savings: Aggregate and disaggregate results, presentation at the University of Toronto, Toronto, August 2006.

<http://www.ivt.ethz.ch/vpl/publications/presentations/v175.pdf>, (3.9.2009)

Vrtic, M. 2004. Ein hierarchisches („Nested“) Logit-Modell für die Analyse kombinierter Stated- und Revealed-Preference-Daten zur Verkehrsmittelwahl, Vortrag, 12 DVWG-Workshop „Statistik und Verkehr“ 2004, Mannheim.

<http://www.ivt.ethz.ch/vpl/publications/reports/ab261.pdf>, (3.9.2009)

Vrtic, M., Fröhlich, P., Schüssler, N., Axhausen, K.W., Lohse, D., Schiller, C., Teichert, H. 2007. Two-dimensionally constrained disaggregate trip generation, distribution and mode choice model: Theory and application for a Swiss national model. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 41A, 9: 857 – 874.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG7-4P3TYC3-1/2/f80120d9a6c85aaf4163a97d457eb196>, (3.9.2009)

http://en.wikipedia.org/wiki/Fractional_factorial_design, (1.9.2009).

NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods,
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/pri.htm>, (1.9.2009).

PRILOGA A: ENOTNI KOEFICIENT ZA VPLIV CENE PARKIRANJA IN CENE JAVNEGA PROMETA

SPECIFIKACIJSKI MODEL

```

ena_cena.mod - Beležnica
-----
[Choice]
izbira
[beta]
// Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
trajanje 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
cena 0 -10000 10000 0
frekvenca 0 -10000 10000 0
udobje 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "constant for alt. 1"
c2-jp "constant for alt. 2"
c3-kolo "constant for alt. 3"
c4-pes "constant for alt. 4"
trajanje "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
cena "$\beta_3$"
frekvenca "$\beta_4$"
udobje "$\beta_5$"

[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 avto av1 c1-oa * one + trajanje * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + cena * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + trajanje * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cena * jp_cena + frekvenca * jp_frekvencia + udobje * dumjp
3 kolo av3 c3-kolo * one + trajanje * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + trajanje * pes_trajanje

[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
dumjp = ( jp_udobje >= 2 )
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
MNL
    
```

KOEFICIENTI ZA NAMEN SLUŽBA

Utility parameters								

Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
c1-oa	0.0449	1.41e+006	0.00	1.00	* 6.20e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	0.525	1.41e+006	0.00	1.00	* 6.16e+005	0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.189	1.41e+006	-0.00	1.00	* 5.78e+005	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.382	1.41e+006	-0.00	1.00	* 6.21e+005	-0.00	1.00	*
cena	-0.624	0.0664	-9.39	0.00	0.0740	-8.42	0.00	
frekvenca	0.0110	0.00583	1.90	0.06	* 0.00700	1.58	0.11	*
pesacenje	-0.0452	0.0120	-3.76	0.00	0.0139	-3.25	0.00	
trajanje	-0.0659	0.00665	-9.91	0.00	0.00701	-9.39	0.00	
udobje	0.170	0.167	1.02	0.31	* 0.172	0.99	0.32	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN ŠOLA

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	-0.850	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.51e+005	-0.00	1.00	*
c2-jp	-0.374	1.80e+308	-0.00	1.00	* 8.50e+004	-0.00	1.00	*
c3-kolo	0.667	1.80e+308	0.00	1.00	* 6.82e+004	0.00	1.00	*
c4-pes	0.557	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
cena	-0.339	0.151	-2.25	0.02	0.142	-2.39	0.02	
frekvenca	0.0109	0.0107	1.02	0.31	* 0.00873	1.24	0.21	*
pesacenje	-0.00581	0.0184	-0.32	0.75	* 0.0190	-0.31	0.76	*
trajanje	-0.103	0.0177	-5.86	0.00	0.0166	-6.25	0.00	
udobje	-0.142	0.376	-0.38	0.71	* 0.381	-0.37	0.71	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN NAKUP

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	-0.134	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.58e+005	-0.00	1.00	*
c2-jp	0.0716	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.57e+005	0.00	1.00	*
c3-kolo	0.151	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.79e+005	0.00	1.00	*
c4-pes	-0.0884	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.19e+005	-0.00	1.00	*
cena	-0.200	0.173	-1.16	0.25	* 0.246	-0.81	0.42	*
frekvenca	-0.00403	0.0117	-0.34	0.73	* 0.0108	-0.37	0.71	*
pesacenje	-0.0814	0.0266	-3.06	0.00	0.0266	-3.06	0.00	
trajanje	-0.0915	0.0140	-6.55	0.00	0.0160	-5.71	0.00	
udobje	0.341	0.224	1.52	0.13	* 0.227	1.51	0.13	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN PROSTI ČAS

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	-0.300	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c2-jp	0.255	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.194	1.80e+308	-0.00	1.00	* 8.04e+003	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.239	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
cena	-1.32	0.205	-6.42	0.00	0.259	-5.08	0.00	
frekvenca	0.0559	0.0171	3.27	0.00	0.0214	2.61	0.01	
pesacenje	-0.115	0.0294	-3.92	0.00	0.0309	-3.73	0.00	
trajanje	-0.0959	0.0113	-8.46	0.00	0.0124	-7.73	0.00	
udobje	-0.111	0.232	-0.48	0.63	* 0.233	-0.48	0.63	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN OSTALO

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	-0.0815	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c2-jp	-0.207	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	0.0423	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c4-pes	0.247	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
cena	-0.526	0.113	-4.66	0.00	0.149	-3.53	0.00	
frekvenca	0.0197	0.00347	5.67	0.00	0.00381	5.16	0.00	
pesacenje	-0.0362	0.0140	-2.58	0.01	0.0133	-2.72	0.01	
trajanje	-0.0767	0.0107	-7.14	0.00	0.0112	-6.86	0.00	
udobje	0.00202	0.233	0.01	0.99	* 0.236	0.01	0.99	*

PRILOGA B: ALTERNATIVAM SPECIFIČEN KOEFICIENT ZA VPLIV TRAJANJA

SPECIFIKACIJSKI MODEL

```

trajanje_mod - Beležnica
-----
[choice]
izbira
[Beta]
// Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
c1-oa 0 -10000 10000 0
c2-jp 0 -10000 10000 0
c3-kolo 0 -10000 10000 0
c4-pes 0 -10000 10000 0
casoa 0 -10000 10000 0
pesacenje 0 -10000 10000 0
parking 0 -10000 10000 0
cenaajp 0 -10000 10000 0
frekvenca 0 -10000 10000 0
udobje 0 -10000 10000 0
casjp 0 -10000 10000 0
caskolo 0 -10000 10000 0
caspes 0 -10000 10000 0

[LaTeX]
c1-oa "Constant for alt. 1"
c2-jp "Constant for alt. 2"
c3-kolo "Constant for alt. 3"
c4-pes "Constant for alt. 4"
casoa "$\beta_1$"
pesacenje "$\beta_2$"
cenaajp "$\beta_3$"
frekvenca "$\beta_4$"
udobje "$\beta_5$"
parking "$\beta_6$"
casjp "$\beta_7$"
caskolo "$\beta_8$"
caspes "$\beta_9$"

[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ...)
1 avto av1 c1-oa * one + casoa * oa_trajanje + pesacenje * oa_pesacenje + parking * polovica_parkinga
2 javni av2 c2-jp * one + casjp * jp_trajanje + pesacenje * jp_pesacenje + cenaajp * jp_cena + frekvenca * jp_frekvenca + udobje * dumjp
3 kolo av3 c3-kolo * one + caskolo * kolo_trajanje
4 pes av4 c4-pes * one + caspes * pes_trajanje

[Expressions]
// define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
dumjp = ( jp_udobje >= 2 )
one = 1
polovica_parkinga = oa_cena_parkinga * 0.5

[Model]
// currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
    
```

KOEFICIENTI ZA NAMEN SLUŽBA

Utility parameters									

Name	value	Std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	

c1-oa	-0.0376	1.80e+308	-0.00	1.00	*	7.15e+004	-0.00	1.00	*
c2-jp	-0.658	1.80e+308	-0.00	1.00	*	7.30e+004	-0.00	1.00	*
c3-kolo	0.175	1.80e+308	0.00	1.00	*	7.61e+004	0.00	1.00	*
c4-pes	0.521	1.80e+308	0.00	1.00	*	6.89e+004	0.00	1.00	*
casjp	-0.0666	0.00716	-9.29	0.00		0.00724	-9.20	0.00	
caskolo	-0.142	0.0238	-5.97	0.00		0.0193	-7.36	0.00	
casoa	-0.0483	0.00932	-5.18	0.00		0.00921	-5.24	0.00	
caspes	-0.149	0.0301	-4.97	0.00		0.0316	-4.73	0.00	
cenaajp	-0.197	0.0883	-2.23	0.03		0.0885	-2.22	0.03	
frekvenca	-0.00322	0.00712	-0.45	0.65	*	0.00900	-0.36	0.72	*
parking	-1.19	0.116	-10.26	0.00		0.151	-7.88	0.00	
pesacenje	-0.0343	0.0127	-2.70	0.01		0.0144	-2.38	0.02	
udobje	0.0198	0.171	0.12	0.91	*	0.177	0.11	0.91	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN ŠOLA

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	

c1-oa	-1.25	5.52e+005	-0.00	1.00	*	3.24e+004	-0.00	1.00	*
c2-jp	-2.07	5.52e+005	-0.00	1.00	*	3.24e+004	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-1.21	5.52e+005	-0.00	1.00	*	3.24e+004	-0.00	1.00	*
c4-pes	4.53	5.52e+005	0.00	1.00	*	3.00e+004	0.00	1.00	*
casjp	-0.122	0.0246	-4.95	0.00		0.0260	-4.68	0.00	
casolo	-0.0637	0.0287	-2.22	0.03		0.0301	-2.11	0.03	
casoa	-0.0779	0.0275	-2.83	0.00		0.0226	-3.45	0.00	
caspes	-0.438	0.113	-3.88	0.00		0.132	-3.31	0.00	
cenajp	0.426	0.322	1.32	0.19	*	0.340	1.25	0.21	*
frekvenca	0.00403	0.0192	0.21	0.83	*	0.0150	0.27	0.79	*
parking	-1.20	0.288	-4.16	0.00		0.298	-4.02	0.00	
pesacenje	0.0436	0.0264	1.65	0.10	*	0.0287	1.52	0.13	*
udobje	-0.205	0.400	-0.51	0.61	*	0.418	-0.49	0.62	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN NAKUP

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	

c1-oa	1.42	6.08e+005	0.00	1.00	*	1.07e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.0392	6.08e+005	-0.00	1.00	*	1.08e+005	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.00801	6.08e+005	-0.00	1.00	*	1.07e+005	-0.00	1.00	*
c4-pes	-1.37	6.08e+005	-0.00	1.00	*	1.08e+005	-0.00	1.00	*
casjp	-0.107	0.0175	-6.15	0.00		0.0223	-4.82	0.00	
casolo	-0.0890	0.0224	-3.97	0.00		0.0189	-4.71	0.00	
casoa	-0.0897	0.0203	-4.42	0.00		0.0226	-3.96	0.00	
caspes	-0.0205	0.0427	-0.48	0.63	*	0.0290	-0.71	0.48	*
cenajp	0.299	0.205	1.46	0.14	*	0.187	1.60	0.11	*
frekvenca	-0.0188	0.0133	-1.41	0.16	*	0.0119	-1.58	0.11	*
parking	-2.09	0.433	-4.82	0.00		0.379	-5.51	0.00	
pesacenje	-0.0815	0.0309	-2.63	0.01		0.0320	-2.55	0.01	
udobje	0.204	0.231	0.88	0.38	*	0.234	0.87	0.38	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN PROSTI ČAS

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	

c1-oa	0.102	1.80e+308	0.00	1.00	*	3.94e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.313	1.80e+308	-0.00	1.00	*	4.06e+005	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.370	1.80e+308	-0.00	1.00	*	4.04e+005	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.581	1.80e+308	0.00	1.00	*	3.97e+005	0.00	1.00	*
casjp	-0.0962	0.0135	-7.15	0.00		0.0160	-6.03	0.00	
casolo	-0.0953	0.0205	-4.64	0.00		0.0206	-4.63	0.00	
casoa	-0.0464	0.0185	-2.51	0.01		0.0194	-2.40	0.02	
caspes	-0.144	0.0289	-4.98	0.00		0.0336	-4.28	0.00	
cenajp	-0.483	0.225	-2.15	0.03		0.217	-2.22	0.03	
frekvenca	0.0289	0.0191	1.52	0.13	*	0.0230	1.26	0.21	*
parking	-2.69	0.398	-6.75	0.00		0.563	-4.78	0.00	
pesacenje	-0.0755	0.0315	-2.40	0.02		0.0338	-2.23	0.03	
udobje	-0.141	0.233	-0.61	0.54	*	0.228	-0.62	0.54	*

KOEFICIENTI ZA NAMEN OSTALO

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	

c1-oa	0.891	4.08e+005	0.00	1.00	*	3.45e+004	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.710	4.08e+005	-0.00	1.00	*	3.65e+004	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.359	4.08e+005	-0.00	1.00	*	3.71e+004	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.178	4.08e+005	0.00	1.00	*	3.84e+004	0.00	1.00	*
casjp	-0.0771	0.0129	-5.99	0.00		0.0128	-6.01	0.00	
casolo	-0.0815	0.0196	-4.15	0.00		0.0191	-4.27	0.00	
casoa	-0.0826	0.0133	-6.22	0.00		0.0133	-6.20	0.00	
caspes	-0.0993	0.0180	-5.51	0.00		0.0227	-4.38	0.00	
cenajp	-0.291	0.118	-2.47	0.01		0.141	-2.07	0.04	
frekvenca	0.00709	0.00426	1.66	0.10	*	0.00438	1.62	0.11	*
parking	-1.93	0.328	-5.88	0.00		0.344	-5.62	0.00	
pesacenje	-0.0485	0.0169	-2.88	0.00		0.0157	-3.08	0.00	
udobje	-0.0861	0.240	-0.36	0.72	*	0.247	-0.35	0.73	*

PRILOGA C: UPOŠTEVANJE ZASEDENOSTI OSEBNEGA AVTOMOBILA

NAMEN SLUŽBA – ZASEDENOST 1

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----	
c1-oa	1.05	1.80e+308	0.00	1.00	*	5.53e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	0.145	1.80e+308	0.00	1.00	*	5.15e+005	0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.519	1.80e+308	-0.00	1.00	*	5.80e+005	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.678	1.80e+308	-0.00	1.00	*	5.58e+005	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.303	0.0862	-3.52	0.00		0.0897	-3.38	0.00	
frekvenca	-0.00359	0.00725	-0.49	0.62	*	0.00990	-0.36	0.72	*
parking	-1.24	0.129	-9.64	0.00		0.177	-7.02	0.00	
pesacenje	-0.0516	0.0131	-3.95	0.00		0.0141	-3.65	0.00	
trajanje	-0.0622	0.00712	-8.74	0.00		0.00725	-8.58	0.00	
udobje	0.0250	0.183	0.14	0.89	*	0.189	0.13	0.89	*

NAMEN SLUŽBA – ZASEDENOST VEČ KOT 1

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----	
c1-oa	2.79	2.21e+006	0.00	1.00	*	3.96e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	2.72	2.21e+006	0.00	1.00	*	4.16e+005	0.00	1.00	*
c3-kolo	2.43	2.21e+006	0.00	1.00	*	3.74e+005	0.00	1.00	*
c4-pes	-7.94	2.21e+006	-0.00	1.00	*	4.13e+005	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.104	0.364	-0.29	0.77	*	0.450	-0.23	0.82	*
frekvenca	-0.161	0.0479	-3.36	0.00		0.0435	-3.70	0.00	
parking	-1.18	0.374	-3.17	0.00		0.374	-3.17	0.00	
pesacenje	0.335	0.0989	3.38	0.00		0.109	3.06	0.00	
trajanje	-0.150	0.0345	-4.34	0.00		0.0343	-4.36	0.00	
udobje	-0.436	0.607	-0.72	0.47	*	0.619	-0.70	0.48	*

NAMEN ŠOLA – ZASEDENOST 1

Utility parameters									

Name	value	std err	t-test	p-val		Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----	
c1-oa	0.999	1.80e+308	0.00	1.00	*	2.03e+005	0.00	1.00	*
c2-jp	-1.40	1.80e+308	-0.00	1.00	*	2.24e+005	-0.00	1.00	*
c3-kolo	0.301	1.80e+308	0.00	1.00	*	2.13e+005	0.00	1.00	*
c4-pes	0.101	1.80e+308	0.00	1.00	*	1.97e+005	0.00	1.00	*
cenajp	0.374	0.355	1.05	0.29	*	0.342	1.10	0.27	*
frekvenca	-0.0319	0.0287	-1.11	0.27	*	0.0272	-1.17	0.24	*
parking	-1.65	0.451	-3.66	0.00		0.418	-3.95	0.00	
pesacenje	0.108	0.0386	2.79	0.01		0.0330	3.26	0.00	
trajanje	-0.121	0.0257	-4.71	0.00		0.0246	-4.92	0.00	
udobje	-0.151	0.453	-0.33	0.74	*	0.451	-0.33	0.74	*

NAMEN ŠOLA – ZASEDENOST VEČ KOT 1

Utility parameters							
Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
c1-oa	0.922	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.02e+005	0.00	1.00
c2-jp	-1.22	1.80e+308	-0.00	1.00	* 2.83e+004	-0.00	1.00
c3-kolo	0.300	1.80e+308	0.00	1.00	* 6.21e+004	0.00	1.00
c4-pes	0.00	7.02e+006	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00
cenajp	1.00	1.16	0.86	0.39	* 1.15	0.87	0.38
frekvenca	-0.0183	0.0284	-0.65	0.52	* 0.0238	-0.77	0.44
parking	-1.23	0.634	-1.94	0.05	* 0.510	-2.41	0.02
pesacenje	-0.0711	0.0673	-1.06	0.29	* 0.0706	-1.01	0.31
trajanje	-0.139	0.0475	-2.93	0.00	0.0467	-2.98	0.00
udobje	-0.223	0.801	-0.28	0.78	* 0.866	-0.26	0.80

NAMEN NAKUP – ZASEDENOST 1

Utility parameters							
Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
c1-oa	0.455	1.13e+006	0.00	1.00	* 3.10e+005	0.00	1.00
c2-jp	-0.235	1.13e+006	-0.00	1.00	* 3.14e+005	-0.00	1.00
c3-kolo	-0.978	1.13e+006	-0.00	1.00	* 3.03e+005	-0.00	1.00
c4-pes	0.757	1.13e+006	0.00	1.00	* 3.04e+005	0.00	1.00
cenajp	-0.0309	0.623	-0.05	0.96	* 0.605	-0.05	0.96
frekvenca	-0.0159	0.0194	-0.82	0.41	* 0.0172	-0.92	0.36
parking	-1.49	0.570	-2.62	0.01	0.509	-2.93	0.00
pesacenje	-0.106	0.0357	-2.96	0.00	0.0318	-3.33	0.00
trajanje	-0.0932	0.0190	-4.90	0.00	0.0174	-5.36	0.00
udobje	-0.124	0.299	-0.42	0.68	* 0.303	-0.41	0.68

NAMEN NAKUP – ZASEDENOST VEČ KOT 1

Utility parameters							
Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
c1-oa	2.25	1.78e+006	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00
c2-jp	-1.00	1.78e+006	-0.00	1.00	* 1.02e+005	-0.00	1.00
c3-kolo	0.683	1.78e+006	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00
c4-pes	-1.93	1.78e+006	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00
cenajp	0.211	0.236	0.89	0.37	* 0.202	1.04	0.30
frekvenca	-0.0456	0.0252	-1.81	0.07	* 0.0204	-2.23	0.03
parking	-3.02	0.712	-4.24	0.00	0.606	-4.97	0.00
pesacenje	0.0973	0.0807	1.21	0.23	* 0.0823	1.18	0.24
trajanje	-0.125	0.0269	-4.64	0.00	0.0386	-3.22	0.00
udobje	0.784	0.388	2.02	0.04	0.399	1.96	0.05

NAMEN PROSTI ČAS – ZASEDENOST 1

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	0.971	8.04e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.700	8.04e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.306	8.04e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	0.0353	8.04e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
cenajp	-0.210	0.182	-1.15	0.25	* 0.287	-0.73	0.46	*
frekvenca	-0.00279	0.0157	-0.18	0.86	* 0.0184	-0.15	0.88	*
parking	-2.27	0.343	-6.61	0.00	0.429	-5.29	0.00	
pesacenje	-0.0131	0.0355	-0.37	0.71	* 0.0343	-0.38	0.70	*
trajanje	-0.0566	0.0100	-5.65	0.00	0.0159	-3.55	0.00	
udobje	-0.172	0.253	-0.68	0.50	* 0.263	-0.65	0.51	*

NAMEN PROSTI ČAS – ZASEDENOST VEČ KOT 1

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	1.19	1.80e+308	0.00	1.00	* 9.92e+004	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.193	1.80e+308	-0.00	1.00	* 9.84e+004	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.627	1.80e+308	-0.00	1.00	* 9.82e+004	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.365	1.80e+308	-0.00	1.00	* 9.62e+004	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.364	0.213	-1.71	0.09	* 0.232	-1.57	0.12	*
frekvenca	-0.00400	0.0220	-0.18	0.86	* 0.0219	-0.18	0.85	*
parking	-3.08	0.403	-7.65	0.00	0.349	-8.82	0.00	
pesacenje	-0.112	0.0349	-3.22	0.00	0.0391	-2.88	0.00	
trajanje	-0.0745	0.0138	-5.40	0.00	0.0167	-4.46	0.00	
udobje	-0.0749	0.280	-0.27	0.79	* 0.287	-0.26	0.79	*

NAMEN OSTALO – ZASEDENOST 1

Utility parameters *****								
Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
c1-oa	1.08	7.36e+005	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-0.164	7.36e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	-0.640	7.36e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c4-pes	-0.276	7.36e+005	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
cenajp	-0.532	0.153	-3.48	0.00	0.204	-2.61	0.01	
frekvenca	0.00778	0.00607	1.28	0.20	* 0.00648	1.20	0.23	*
parking	-2.32	0.562	-4.12	0.00	0.533	-4.35	0.00	
pesacenje	-0.133	0.0510	-2.61	0.01	0.0441	-3.02	0.00	
trajanje	-0.0695	0.0147	-4.74	0.00	0.0175	-3.98	0.00	
udobje	-0.0496	0.296	-0.17	0.87	* 0.293	-0.17	0.87	*

NAMEN OSTALO – ZASEDENOST VEČ KOT 1

Utility parameters								

Name	value	std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val	
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
c1-oa	1.35	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c2-jp	-1.23	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
c3-kolo	0.320	1.80e+308	0.00	1.00	* 1.80e+308	0.00	1.00	*
c4-pes	-0.443	1.80e+308	-0.00	1.00	* 1.80e+308	-0.00	1.00	*
cenajp	0.0368	0.170	0.22	0.83	* 0.153	0.24	0.81	*
frekvenca	0.00843	0.00688	1.23	0.22	* 0.00679	1.24	0.21	*
parking	-2.61	0.498	-5.23	0.00	0.554	-4.71	0.00	
pesacenje	-0.0593	0.0216	-2.75	0.01	0.0197	-3.00	0.00	
trajanje	-0.103	0.0189	-5.45	0.00	0.0174	-5.90	0.00	
udobje	-0.135	0.394	-0.34	0.73	* 0.445	-0.30	0.76	*