

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ

Александар В. Трифуновић

**ПРИМЕНА ГЕОМЕТРИЈСКОГ
МОДЕЛИРАЊА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ
СПРЕМНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО
БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У
САОБРАЋАЈУ**

Докторска дисертација

Београд, 2020

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC
ENGINEERING

Aleksandar V. Trifunović

**APPLICATION OF GEOMETRIC MODELLING
FOR DETERMINING THE READINESS OF
CHILDREN FOR SAFE TRAFFIC
PARTICIPATION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020

МЕНТОР

др Далибор ПЕШИЋ, ванредни професор
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Далибор ПЕШИЋ, ванредни професор
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

др Маја ПЕТРОВИЋ, доцент
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

др Драган ЈОВАНОВИЋ, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

Датум одбране: _____

ПРИМЕНА ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ СПРЕМНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ

Сажетак: Страдање у саобраћајним незгодама знатно је изражено код појединих група учесника у саобраћају. Недовољна зрелост деце, њихово скромно животно и саобраћајно искуство, насупрот изложености и склоности ризицима и изазовима доводи до тога да деца представљају једну од најугроженијих категорија учесника у саобраћају.

Примена геометријског моделирања у многим областима омогућила је решавање проблема, који су до тада изгледали нерешиво и отворила је нове могућности унапређења различитих области. Едукативни материјал, који се применом геометријског моделирања може приказивати деци, приближава област безбедности саобраћаја размишљању деце, док се са друге стране, кроз игру и едукацију, оспособљавају за безбедно учествовање у саобраћају.

У експерименту је учествовало 392 испитаника, старости између 6,5 и 10,5 година. Циљ истраживања је креирање и примена тестова који обухватају проверу знања, понашања и вештина које су деци неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Резултати истраживања показали су да деца уче кроз искуство, па тако тестирајући се и решавајући различите саобраћајне, геометријске, просторне и меморијске тестове, деца развијају своје способности и вештине неопходне за безбедно учествовање у саобраћају, а тиме стичу нова знања и искуства која им у реалним саобраћајним ситуацијама могу спасити живот. На основу спроведених тестова, експертских оцена и АНР методе, креирана је скала за одређивање способности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

Примена геометријског моделирања, на начин какав је приказан у докторској дисертацији, омогућава едукацију и тестирање деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају и указује на области у којима деца не показују задовољавајући резултат за самостално учествовање у саобраћају.

Кључне речи: Безбедност саобраћаја, геометријско моделирање, деца у саобраћају, едукација деце, тестирање деце, нове технологије.

Научна област: Саобраћајно инжењерство

Ужа научна област: Превентива и безбедност у саобраћају

Геометријско моделирање у саобраћају и транспорту

УДК:

APPLICATION OF GEOMETRIC MODELLING FOR DETERMINING THE READINESS OF CHILDREN FOR SAFE TRAFFIC PARTICIPATION

Abstract: Specific groups of road users have a considerably higher traffic accident fatality rate than other groups of traffic participants. Insufficient maturity of children, their lack of life and traffic experience and, on the other hand, their exposure and inclination to risk in traffic, lead to the fact that children represent a vulnerable population from the standpoint of traffic safety.

The application of geometric modelling in many fields has enabled solving problems which previously seemed unsolvable, and it has opened new opportunities for improving different fields. Educational materials, which can be shown to children by using geometric modelling, bring traffic safety closer to the children's manner of thinking. Thus, through play and education, children become qualified to participate safely in traffic.

The sample comprised 392 young children, aged from 6.5 to 10.5. The aim of this study is to create and implement tests that include the examination of knowledge, behaviour and skills which are necessary for children's safe participation in road traffic. The results of the research have shown that children learn from experience. By testing and solving various traffic, geometry, space and memory tests, children develop their abilities and skills necessary to participate safely in traffic. At the same time, they acquire new knowledge and experience which can save their lives in real traffic situations. Based on the conducted tests, expert assessments and the AHP method, a scale for measuring the abilities of children and their preparedness for safe participation in traffic has been developed.

The application of geometric modelling, as presented in the doctoral dissertation, enables the education and testing of children for safe participation in traffic, and indicates the fields in which children do not show a satisfactory result for safe and independent participation in traffic.

Key words: Road safety, geometric modelling, children in traffic, education of children, testing of children, new technologies.

Scientific field: Traffic Engineering

Scientific subfield: Prevention and Road Safety

Geometric Modelling in Transport and Traffic Engineering

UDC:

Садржај

1. УВОД	1
1.1. Предмет и научни циљ истраживања	3
1.2. Основне хипотезе	3
1.3. Методе истраживања	4
1.4. Приказ садржаја докторске дисертације	4
2. ГЕОМЕТРИЈСКО МОДЕЛИРАЊЕ	6
2.1. Општи значај примене геометријског моделирања	6
2.2. Значај примене геометријског моделирања у друмском саобраћају	8
2.3. Значај примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају	9
3. БЕЗБЕДНОСТ ДЕЦЕ У САОБРАЋАЈУ	12
3.1. Деца као учесници у саобраћају	12
3.2. Преглед стања безбедности деце у саобраћају са посебним освртом на начин њихове угрожености	15
3.3. Едукација деце о безбедности у саобраћају	19
4. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ ДЕЦЕ У САОБРАЋАЈУ	23
4.1. Значај цртања (геометријских објеката) за тестирање деце	23
4.2. Примена геометријског моделирања коришћењем нових технологија тестирању и едукацији деце	25
4.3. Значај препознавања симбола на саобраћајним знаковима за безбедност деце у саобраћају	27
4.4. Нови приступ примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају	28
5. ДЕФИНИСАЊЕ НАЧИНА СПРОВОЂЕЊА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ИСТРАЖИВАЊА	30
5.1. Учесници експеримента	30
5.2. Дефинисање простора и времена истраживања	30
5.3. Дефинисање ограничења истраживања	31
5.4. Изглед окружења, процедура спровођења експеримента и начин оцењивања	31
5.4.1. Моделирано саобраћајно окружење	31
5.4.1.1. Геометријски моделирано саобраћајно окружење на рачунару	32

5.4.1.2. Моделирано саобраћајно окружење на полигону.....	36
5.4.2. Вертикална саобраћајна сигнализација	42
5.4.2.1. Геометријски моделирана вертикална саобраћајна сигнализација на рачунару	44
5.4.2.2. Моделирана вертикална саобраћајна сигнализација на полигону	45
5.4.3. Геометријски тест (опажање простора, боја и цртање геометријских облика)	47
5.4.3.1. Геометријски тест у виртуелном простору – на рачунару	51
5.4.3.2. Геометријски тест у реалном простору	65
5.4.4. Симулација возила у покрету	83
5.4.4.1. Моделирано 3Д возило у покрету - на рачунару	83
5.4.4.2. Кретање возила у реалном окружењу	84
5.5. Обрада података	86
6. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ТЕСТОВА ЗАСНОВАНИХ НА ГЕОМЕТРИЈСКОМ МОДЕЛИРАЊУ	87
6.1. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама	87
6.1.1. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на рачунару	87
6.1.2. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на полигону	92
6.1.3. Упоредна анализа понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на полигону и на рачунару	97
6.2. Познавање значења саобраћајних знакова	105
6.2.1. Познавање значења саобраћајних знакова на рачунару	105
6.2.2. Познавање значења саобраћајних знакова на полигону	108
6.2.3. Упоредна анализа познавања значења саобраћајних знакова на рачунару и на полигону	111
6.3. Геометријски тест (опажање простора, боја и цртање геометријских облика)	119
6.3.1. Геометријски тест у виртуелном окружењу - на рачунару	119
6.3.2. Геометријски тест у реалном окружењу	127
6.3.3. Упоредна анализа резултата постигнутих на геометријском тесту спроведеном у реалном и виртуелном (на рачунару) окружењу	136
6.4. Симулација возила у покрету	143
6.4.1. Моделирано 3Д возило у покрету (виртуелно окружење) - на рачунару	143
6.4.2. Кретање возила у реалном окружењу	146
6.4.3. Упоредна анализа резултата процене брзине кретања возила у виртуелном и реалном окружењу	149
7. ПРИМЕНА АНР МЕТОДЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ СПОСОБНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ	154

7.1. Методолошки основ АНР методе.....	154
7.2. Математички основ АНР методе.....	155
7.3. Примена предложеног модела на резултате тестова креираних применом геометријског моделирања	158
7.4. Примена предложеног модела на деци млађег школског узраста	165
7.5. Употреба предложеног модела у реалним условима применом геометријски моделираних тестова на рачунару	173
8. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА ...	175
Литература	181
Биографија аутора.....	197
Изјава о ауторству.....	198
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада.....	199
Изјава о коришћењу.....	200

Списак табела

Табела бр. 1.1 - Број погинуле деце по старосним групама, својствима учешћа у саобраћају и месту саобраћајне незгоде.....	18
Табела бр. 5.1 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за препознавање саобраћајних елемената	33
Табела бр. 5.2 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – прелажење улице.....	33
Табела бр. 5.3 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – кретање у саобраћају.....	35
Табела бр. 5.4 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за остале две саобраћајне ситуације	36
Табела бр. 5.5 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за препознавање саобраћајних елемената на полигону	38
Табела бр. 5.6 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – прелажење улице на полигону	38
Табела бр. 5.7 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – кретање у саобраћају на полигону	40
Табела бр. 5.8 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења на полигону и опис тачног одговора за остале саобраћајне ситуације.....	41
Табела бр. 5.9 - Саобраћајни знакови изричитих наредби који су коришћени у истраживању	42
Табела бр. 5.10 - Саобраћајни знакови обавештења који су коришћени у истраживању.....	43
Табела бр. 5.11 - Комбинације брзина кретања моделираног возила које су приказиване испитаницима.....	84
Табела бр. 5.12 - Комбинације брзина кретања возила које су приказиване испитаницима....	85
Табела бр. 6.1 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце при прелажењу улице у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	88
Табела бр. 6.2 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце када се крећу у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	90
Табела бр. 6.3 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце у осталим геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	91
Табела бр. 6.4 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце при прелажењу улице у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	93
Табела бр. 6.5 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце када се крећу у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	95
Табела бр. 6.6 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце у осталим геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	96

Табела бр. 6.7 - Резултати Хи-квадрат теста за познавање саобраћајних знакова који су деци презентовани на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	106
Табела бр. 6.8 - Резултати Хи-квадрат теста за познавање саобраћајних знакова који су деци презентовани на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника	109
Табела бр. 6.9 - Време реакције деце у зависности од висине саобраћајног знака	117
Табела бр. 6.10 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за цртање кутија на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	120
Табела бр. 6.11 - Резултати Mann-Whitney и Kruskal Wallis тестова и просечна вредност оцена положаја на рачунару нацртаних кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника	121
Табела бр. 6.12 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за бојење одговарајућим бојама кутије на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	123
Табела бр. 6.13 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат прецизно обојених кутија на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника	124
Табела бр. 6.14 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за опажање објеката у зависности са које се стране испитаника налази, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	125
Табела бр. 6.15 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за цртање кутија на папиру, према полу, средини становања и разреду испитаника	128
Табела бр. 6.16 - Резултати Mann-Whitney и Kruskal Wallis тестова и просечна вредност оцена положаја на папиру нацртаних кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника	130
Табела бр. 6.17 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за бојење кутије одговарајућим бојама на папиру, према полу, средини становања и разреду испитаника	131
Табела бр. 6.18 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат прецизно на папиру обојених кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника	133
Табела бр. 6.19 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за опажање објеката, у зависности са које се стране испитаника налази, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	134
Табела бр. 6.20 - Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника	144
Табела бр. 6.21 - Резултати Хи-квадрат теста за процену истих брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника	145
Табела бр. 6.22 - Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника.....	147
Табела бр. 6.23 - Резултати Хи-квадрат теста за процену истих брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника....	148
Табела бр. 7.1 - Saaty-јева скала вредновања	155
Табела бр. 7.2 - Формирана матрица на основу резултата поређења	156
Табела бр. 7.3 - Компаративна матрица.....	156

Табела бр. 7.4 - Матрица вектора сопствених вредности	156
Табела бр. 7.5 - Случајни индекси (Saaty, 1980)	158
Табела бр. 7.6 - Поступак скоровања за сваки од задатака геометријског теста	166

Списак графика

График бр. 1.1 – Процент повреда које су деца задобила у саобраћајним незгодама (WHO, 2008)	16
График бр. 1.2 - Број погинуле деце по старосним групама и својствима учешћа у саобраћају (АБС, 2018)	18
График бр. 6.1 - Процент деце која се безбедно понашају у саобраћајним ситуацијама на семафору – рачунар и полигон	98
График бр. 6.2 - Процент деце која се безбедно понашају при преласку улице – рачунар и полигон.....	99
График бр. 6.3 - Процент деце која се безбедно понашају при кретању у различитим саобраћајним ситуацијама – рачунар и полигон.....	100
График бр. 6.4 - Процент деце која се безбедно понашају у две приказане саобраћајне ситуације – рачунар и полигон	100
График бр. 6.5 - Процент безбедних понашања деце у зависности од тога у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону)	101
График бр. 6.6 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама	102
.....	112
График бр. 6.7 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова изричитих наредби – рачунар и полигон.....	112
График бр. 6.8 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова обавештења (1) – рачунар и полигон	112
График бр. 6.9 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова обавештења (2) – рачунар и полигон	113
График бр. 6.10 - Процент тачних одговора деце за препознавање значења саобраћајних знакова у зависности у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону).....	114
График бр. 6.11 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за познавање значења саобраћајних знакова	115
График бр. 6.12 - Процент тачних одговора деце за задатке цртања кутија – рачунар и папир	137
График бр. 6.13 - Просечна оцена положаја цртања кутија – рачунар и папир.....	137
График бр. 6.14 - Процент тачних одговора деце за задатак бојења кутија– рачунар и папир	138
График бр. 6.15 - Процент прецизно обојених кутија– рачунар и папир	138
График бр. 6.16 - Процент тачних одговора за релације ЛЕВО, ДЕСНО и ИСПРЕД – рачунар и папир	139
График бр. 6.17 - Процент тачних одговора деце у зависности у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону)	140
График бр. 6.18 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за геометријски тест	141

График бр. 6.19 - Процент тачних одговора, процене различитих брзина кретања возила – реално и виртуелно окружење	150
График бр. 6.20 - Процент тачних, одговора процене истих брзина кретања возила – реално и виртуелно окружење.....	150
График бр. 6.21 - Процент тачних одговора деце у зависности у којем окружењу су приказана возила у покрету – у виртуелном или реалном (видео снимку) окружењу.....	151
График бр. 6.22 - Приказ једначине једнострове линеарне регресије и дијаграм расипања за процену брзине кретања возила у виртуелном и реалном окружењу.....	152
График бр. 7.1 - Хијерархијски модел који има дефинисан циљ безбедног учествовања деце у саобраћају, са критеријумима и алтернативама.....	160
График бр. 7.2 - Део хијерархијске структуре који се односи на понашање деце на полигону са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака.....	162
График бр. 7.3 - Део хијерархијске структуре који се односи на познавање значења саобраћајних знакова са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака	163
График бр. 7.4 - Део хијерархијске структуре који се односи на геометријски тест са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака.....	164
График бр. 7.5 - Део хијерархијске структуре који се односи на процену брзине кретања возила са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака	165
График бр. 7.6 - Укупан скор за задатке понашања деце на полигону, по разредима.....	167
График бр. 7.7 - Укупан скор деце за задатке познавања значења саобраћајних знакова, по разредима	168
График бр. 7.8 - Укупан скор деце за геометријски тест, по разредима	168
График бр. 7.9 - Укупан скор деце за задатак процене брзине кретања возила, по разредима	169
График бр. 7.10 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по разредима.....	170
График бр. 7.11 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по полу	171
График бр. 7.12 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по средини становања	172
График бр. 7.13 - Укупан скор постигнут на тесту деце која су доживела саобраћајну незгоду, као пешаци и деце сва четири разреда.....	173
График бр. 7.14 - Приказ једначине линеарне регресије и дијаграм расипања за укупан скор постигнут на тестовима који су спроведени у виртуелном (на рачунару) и у реалном окружењу	174

Списак слика

Слика бр. 5.1 - Изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења на рачунару	32
Слика бр. 5.2 - Изглед геометријско моделираног саобраћајног полигона	37
Слика бр. 5.3 - Изглед радног окружења за тест време реакције	44
Слика бр. 5.4 - Изглед појединих саобраћајних знакова коришћених у експерименту	45
Слика бр. 5.5 - Шематски приказ постављања саобраћајних знакова на различите висине са стимулусом	46
Слика бр. 5.6 - Мерење времена реакције на светлосни стимулус, постављен на саобраћајни знак	46
Слика бр. 5.7 – Изглед жуте кутије коришћене у експерименту	47
Слика бр. 5.8 – Изглед плаве кутије коришћене у експерименту	47
Слика 5.9 – Изглед црвене кутије коришћене у експерименту	48
Слика бр. 5.10 – Изглед зелене кутије коришћене у експерименту	48
Слика бр. 5.11 – Изглед све четири кутије коришћене у експерименту	48
Слика бр. 5.12 - Знак "забрана саобраћаја за пешаке" (II-17)	49
Слика бр. 5.13 - Знак "Означен пешачки прелаз"	49
Слика бр. 5.14 - Знак "Пешачка стаза"	49
Слика бр. 5.15 - Семафори за регулисање кретања бицикала (VIII-8)	50
Слика бр. 5.16 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 1	51
Слика бр. 5.17 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 2	52
Слика бр. 5.18 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 3	52
Слика бр. 5.19 – План школе 1 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије	53
Слика бр. 5.20 – План школе 2 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије	53
Слика бр. 5.21 – План школе 3 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије	54
Слика бр. 5.22 – Уцртавање положаја кутије помоћу оловке за писање по екрану осетљивом на додир	54
Слика бр. 5.23 – Геометријски модел просторије 1 и положај кутија у простору	55
Слика бр. 5.24 – Геометријски модел просторије 2 и положај кутија у простору	55
Слика бр. 5.25 – Геометријски модел просторије 3 и положај кутија у простору	55
Слика бр. 5.26 - Пример три величине на рачунару нацртаних кутија	56
Слика бр. 5.27 - Пример оцењивања положаја нацртане кутије	57
Слика бр. 5.28 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 1	58
Слика бр. 5.29 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 2	58
Слика бр. 5.30 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 3	58

Слика бр. 5.31 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 1	59
Слика бр. 5.32 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 2	59
Слика бр. 5.33 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 3	60
Слика 5.34 - Пример (не)исправно обојених кутија	60
Слика бр. 5.35 – Почетни положај испитаника	61
Слика бр. 5.36 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	61
Слика бр. 5.37 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	61
Слика бр. 5.38 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	62
Слика бр. 5.39 – Почетни положај испитаника	62
Слика бр. 5.40 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	63
Слика бр. 5.41 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	63
Слика бр. 5.42 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	63
Слика бр. 5.43 – Приказ почетног положаја испитаника	64
Слика бр. 5.44 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	64
Слика бр. 5.45 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	64
Слика бр. 5.46 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	65
Слика бр. 5.47 – Положај кутија постављених у образовним установама у Рачи (слика лево) и Београду (слика десно) (Trifunović et al., 2017a).....	65
Слика бр. 5.48 – План вртића за уцртавање положаја четири кутије (1).....	66
Слика бр. 5.49 – План вртића за уцртавање положаја четири кутије (2).....	67
Слика бр. 5.50 – План вртића за уцртавање положаја четири кутије (3).....	67
Слика бр. 5.51 – Испитаник уцртава положај кутија.....	68
Слика бр. 5.52 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (1).....	68
Слика бр. 5.53 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (2).....	69
Слика бр. 5.54 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (3).....	69
Слика бр. 5.55 – Испитаник боји нацртане кутије	70
Слика бр. 5.56 - Пример три величине нацртаних кутија на папиру	71
Слика бр. 5.57 - Пример оцењивања положаја на папиру нацртане кутије	72
Слика бр. 5.58 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (1).....	73
Слика бр. 5.59 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (2).....	73
Слика бр. 5.60 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (3).....	74
Слика бр. 5.61 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 1	75
Слика бр. 5.62 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 2	75

Слика бр. 5.63 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 3	76
Слика бр. 5.64 - Пример (не)исправно обојених кутија на папиру	76
Слика бр. 5.65 – Приказ почетног положаја испитаника	77
Слика бр. 5.66 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	78
Слика бр. 5.67 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	78
Слика бр. 5.68 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	79
Слика бр. 5.69 – Почетни положај испитаника	79
Слика бр. 5.70 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	80
Слика бр. 5.71 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	80
Слика бр. 5.72 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	81
Слика бр. 5.73 – Почетни положај испитаника	81
Слика бр. 5.74 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	82
Слика бр. 5.75 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	82
Слика бр. 5.76 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија	83
Слика 5.77 - Моделирана возила, која су приказивана испитаницима, на рачунару	84
Слика бр. 5.78 - Возила која су приказана испитаницима на видео снимку	85
Слика бр. 6.1 - Забрана саобраћаја за пешаке (II-17).....	116
Слика бр. 6.2 - Забрана саобраћаја за бицикле (II-14)	116
Слика бр. 6.3 - Предлог саобраћајног знака Забрана саобраћаја за пешаке.....	116
Слика бр. 6.4 - Предлог саобраћајног знака Забрана саобраћаја за бицикле	116
Слика бр. 6.5 - Изглед саобраћајног знака Близина школе.....	116
Слика бр. 6.6 - Предлог саобраћајног знака Близина школе	116

Листа коришћених скраћеница

АБС	<i>Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије</i>
АНП	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAGD	<i>Computer Aided Geometric Design</i>
DfT	<i>Department for Transport</i>
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
NTF	<i>Nationalföreningen för Trafiksäkerhetens Främjande</i>
SPSS	<i>Програм за статистичку анализу података</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
2Д	<i>две димензије</i>
3Д	<i>три димензије</i>
4Д	<i>четири димензије</i>

1. УВОД

Деца нижих разреда основне школе узраста од 7 до 11 година, иако ретко потпуно самостално учествују у саобраћају представљају рањиву популацију са становишта безбедности саобраћаја. Разлози за то су бројни, а засновани су првенствено на томе, да деца нису довољно физички и психички развијена за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Деца имају потешкоћа у планирању рута при преласку улице, слабијег опажања боја, величине, времена, брзине кретања и раздаљине, неспособности истовремене обраде више од једног обележја објеката или ситуације, до неразумевања узрочно-последичних веза, знатно споријег процеса доношења одлука у поређењу са одраслим особама, недостатка животног и саобраћајног искуства, непознавања саобраћајних правила, недовољне мотивације за едукацијом из области безбедности саобраћаја итд. (Trifunović et al., 2017a). У саобраћајним незгодама најчешће страдају деца млађих разреда основне школе, када самостално почињу да учествују у саобраћају као пешаци или бициклисти. Иако није потпуно расветљен механизам учења, везан за различите узрасте деце, искуства из праксе указују да васпитно-образовни рад има значајније ефекте што је узраст детета млађи (Trifunović et al., 2018d). Наведени разлог представља добар основ за едукацију деце у области безбедности саобраћаја. Како деца у млађем узрасту нису оспособљена да (течно) читају, док је област безбедност саобраћаја веома комплексна, велики потенцијал за едукацију деце има 2Д и 3Д графика, док се за тестирање деце могу користити дечији цртежи. Примена геометријског моделирања омогућава реализацију оваквих едукативних садржаја и тестова, што представља важан корак и велики потенцијал за унапређење безбедности деце у саобраћају.

Заинтересованост за цртање код деце почиње веома рано, пре свега зато што млађа деца опонашају старију децу и одрасле особе. Анализа дечјег цртежа може дати много информација о развоју и потребама деце. Цртежи деце ниже интелигенције заостају за цртежима њихових вршњака и сличнији су цртежима деце нормалне интелигенције, али ниже старосне доби. Деца кроз цртеж изражавају свој емоционални и социјални развој, а на основу дечијег цртежа може се сазнати како се деца односе према околини, њихов став према свету, саобраћају, мотивацији за учење и слично (Rose and Jolley, 2019). Цртеж као тест помаже утолико што дете понекад не барата довољно великим вокабуларом да нешто опише, или једноставно не жели, да искаже своје ставове. Цртеж може бити добар почетак разговора, али понекад разговор након цртежа није ни потребан, јер је само цртање обавило своју функцију тестирања, што представља

велики потенцијал у области безбедности саобраћаја. Цртање омогућава да дете научи да размишља логички, има боље памћење, пажњу и повезан говор. Кроз цртања дете учи да разликује боје, нијансе, али и величине и број предмета. Оно што је значајно, учењем геометријских појмова подстиче се развој опажања објеката код деце. Неопходност достизања минималног ступња наведених способности код деце кључни је чинилац самосталног безбедног учествовања у саобраћају. Осим наведених способности које су неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају, деца су поједине способности неопходне и због едукације у овој области.

Различите области градива са којима се сусрећу у школи, деца сматрају непотребним, јер се наизглед чини да научно нема апсолутно никакве везе са реалношћу у свакодневном животу. Када се детету приближи градиво и мотивише да повезује наставне садржаје, технике и процедуре учења са својим животним потребама и искуствима, код деце се подстиче знатижеља, а деца уче лакше и брже (Miranda et al., 2017). Многе студије потврдиле су да се применом рачунара у едукацији деца подстиче мотивација, ангажовање и креативност деце и што је још важније развијају се различите способности, а деца се припремају за успешно функционисање у друштву, које се у будућности не може замислити без примене нових технологија (Neumann and Neumann, 2014; Flewitt et al., 2015; Schacter and Jo, 2016; Lee et al., 2017a; Verma et al., 2017; Miranda et al., 2017). За децу која данас одрастају, нове технологије представљају део свакодневног живота, те деца технологију прихватају као потпуно природно и незаобилазно средство (Ћићевић et al., 2017в). Употреба рачунара у образовању, за децу млађег узраста, наглашава значај активног коришћења технологије, како при учењу цртања и писања, тако и у процесу доношења одлука, решавања проблема и у илустровању идеја. Деца која су обучавана користећи рачунаре показују боље структурално и концептуално знање, моторичке вештине, способности за решавање проблема, дуготрајну меморију, координацију покрета и боље интелектуалне способности у поређењу са онима који нису користили технологију при учењу (Haugland, 1999; Clements et al., 2003; Swaminathan and Wright, 2003; Vernadakis et al., 2005; Ћићевић et al., 2017в). Највеће предности остварују се када деца користе рачунар у паровима, или када у раду учествују одрасли, тада развијају кооперативност, комуникације и интеракцију са осталим члановима колектива, као и позитивне ставове према учењу (Trifunović et al., 2017a; Ћићевић et al., 2017в). Стварање оваквог амбијента за учење и развој деце, уз примену геометријског моделирања, представља велики потенцијал у области безбедности саобраћаја, у погледу едуковања, тестирања и оспособљавања деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

Повезивање цртања и едукације помоћу рачунара, у области безбедности саобраћаја, омогућава управо геометријско моделирање. Геометријско моделирање је дисциплина која проучава методе конструисања геометријских и природних форми средствима рачунарске графике и омогућава креирање наведених форми у стварном окружењу. Графичка комуникација је универзално средство за прецизно описивање величине, облика и међусобних релација физичких компоненти које чине неке системе (Lieu and Sorby, 2015). Креирање саобраћајног окружења у виртуелном свету, помоћу рачунара, представља моћан алат за тестирање и едукацију деце. У области безбедности деце у саобраћају, наведени алат веома је оскудно употребљаван и представљен у стручној и научној литератури. Међутим, у осталим областима оваква истраживања нису реткост и углавном радови воде ка истим закључцима. Наиме, аутори изводе закључак да деца не опажају ситуације исто као одрасли и да је деци много лакше да се изражавају и уче преко рачунарске графике, цртежа и симбола, или у симулираном окружењу, које је креирано уз помоћ рачунарске графике (Waterson and Monk, 2014; DeKlerk et al., 2014; Eisenbach et al., 2015; Hiniker et al., 2016). Један од базичних примера из области безбедности саобраћаја представљају симболи на саобраћајним знаковима. Веома битно за област безбедности саобраћаја је да деца перципирају геометријски симбол и боје на саобраћајном знаку, да схвате поруку која им се упућује, а затим да се у складу са поруком и

понашају у саобраћају. Узимајући у обзир наведено, коришћење геометријских тестова на рачунарима и у симулираним саобраћајним ситуацијама показало се корисним и у обуци деце за безбедно понашање у различитим саобраћајним ситуацијама (Trifunović et al., 2017в; Pešić et al., 2019а). Овакав приступ безбедности деце у саобраћају представљао би подлогу за креирање индивидуализованих васпитно-образовних напора и интервенција при савладавању и усвајању правила понашања у саобраћају, што би резултирало повећањем безбедности деце овог узраста, као независних учесника у различитим саобраћајним ситуацијама.

Усвајање Стратегије безбедности саобраћаја на путевима представља један од најважнијих корака на путу успостављања система безбедности саобраћаја у Републици Србији. Један од циљева Стратегије јесте изградња таквог система који тежи да од 2020. године нема погинуле деце у саобраћајним незгодама у Србији, као и да се у истом периоду преполови број повређене деце (у односу на 2011. годину). Према званичним статистичким подацима у Републици Србији, у периоду од последњих пет година (2013 – 2017. године) погинуло је 64 деце. У исто време, на истој територији, повређено је чак 7613 деце (АБС, 2018). Наведене последице саобраћајних незгода представљају огромне губитке за друштво. Један од основних мотива за спровођење предложеног истраживања представља развој и унапређење геометријског моделирања за потребе безбедности саобраћаја, са циљем да се изврши предикција понашања деце у реалним саобраћајним ситуацијама и добију скале способности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, као и валидација наведених модела геометријског моделирања на територији Републике Србије. Коначан циљ рада је да се у складу са новим технологијама искористи и унапреди потенцијал геометријског моделирања, као и да се максимизирају његове користи, у сврхе даљег унапређења безбедности деце у саобраћају.

1.1. Предмет и научни циљ истраживања

Предмет докторске дисертације, у ширем смислу, представља примену геометријског моделирања за испитивање понашања деце у симулираним саобраћајним ситуацијама, које су деца решавала на полигону и на рачунару, како би се испитала повезаност између резултата понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону и на рачунару.

Научни циљ истраживања ове докторске дисертације, у ширем смислу, представља развој и максимизирање геометријског моделирања у циљу даљег детаљнијег испитивања понашања деце у саобраћајним ситуацијама, представљеним на полигону и на рачунару, на основу којих би се дефинисала скала спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

1.2. Основне хипотезе

Докторска дисертација заступа полазну хипотезу да се на основу резултата понашања деце у геометријски моделираним различитим ситуацијама у саобраћају, које су деци приказиване на рачунару, може дефинисати модел предикције понашања деце у истим таквим симулираним саобраћајним ситуацијама у реалном окружењу (на полигону), што представља један од важних улазних параметара за унапређење безбедности деце у саобраћају.

Применом геометријски моделираних тестова могу се дефинисати социо-демографске разлике у понашању деце у различитим саобраћајним ситуацијама презентованим на полигону и на рачунару. На основу резултата примене тестова, заснованих на геометријском моделирању, може се одредити скала за одређивање способности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Помоћу ове скале, деца би се на иновативан и поуздан начин класификовала, у групу која сме или у групу која не сме, самостално безбедно да учествују у саобраћају.

1.3. Методе истраживања

У циљу достизања нових резултата, као и провере полазне хипотезе, у истраживању ће бити коришћене опште методе научног истраживања попут: анализе, синтезе, индукције, дедукције, апстракције и аналогije. Поред наведених метода биће коришћене и методе дескриптивне и аналитичке статистике, методе мултиваријантне статистичке анализе, као и АНР (енг. Analytic Hierarchy Process) метода. Приликом прикупљања података неопходних за израду ове докторске дисертације биће коришћен метод експеримента, експертска оцена и метод анкете.

1.4. Приказ садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација, узимајући у обзир тему, предмет и научни циљ, сачињена је од осам целина.

У првом поглављу – Увод, указано је на значај развоја и максимизирања геометријског моделирања за тестирање и едукацију деце млађег школског узраста у оквиру области безбедност саобраћаја. Поред тога, приказан је предмет и научни циљ истраживања, методе које су коришћене у истраживању и основне хипотезе од којих полази ова докторска дисертација.

Друго поглавље се бави анализом општег значаја примене геометријског моделирања. Посебна пажња у овом делу посвећена је значају примене геометријског моделирања у друмском саобраћају, као и значају који има примена геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају.

У трећем поглављу су приказане специфичности деце, као рањиве групе учесника у саобраћају. Поред тога, дат је преглед стања безбедности деце у саобраћају, са посебним освртом на начин њихове угрожености. На крају овог поглавља приказани су различити примери спровођења едукације деце о безбедности у саобраћају.

Четврто поглавље обједињује претходна два поглавља кроз анализу могућности примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају. Као један од кључних елемената који повезује ове две области јесте тестирање деце помоћу цртања (геометријских објеката), чије су могућности примене, начин тестирања и анализе цртежа, са примерима релевантних студија, детаљно приказани. Након тога, приказане су студије и бенефити које употреба нових технологија има на ефекат учења и тестирања деце. Следи приказ студија које описују значаје познавања порука, које имају симболи на саобраћајним знаковима, за безбедност деце у саобраћају, као још једне повезаности између примене геометријског моделирања и безбедности деце у саобраћају. На крају овог поглавља представљен је нови приступ унапређења безбедности деце у саобраћају кроз примену геометријског моделирања.

У петом поглављу детаљно је дефинисана методологија тестирања деце и одабир тестова који су коришћени у експерименту. Приказан је начин креирања саобраћајног окружења и геометријских тестова у реалном и виртуелном окружењу (на полигону и на рачунару). Поред наведеног, дефинисан је и начин прикупљања, обраде и анализе добијених података.

Шесто поглавље садржи резултате које су деца постигла на тестовима у оба тестирана окружења (полигон и рачунар). Приказани су резултати понашања деце различитог пола, узраста и средине становања, која су тестирана у симулираним саобраћајним ситуацијама, које су деци приказиване на полигону и рачунару. У истом поглављу приказан је модел међузависности два експериментална окружења, који показује да се на основу резултата понашања деце у геометријски моделираним ситуацијама у саобраћају, које су деци

приказиване на рачунару, могу предвидети резултати понашања деце у истим таквим симулираним саобраћајним ситуацијама у реалном окружењу (на полигону).

Седмо поглавље представља начин примене АНР метода, који се, за потребе ове дисертације, користи за одређивање вредности скорова сваког задатка који су деца решавала у оквиру експеримента, са циљем да се на основу тестова креираних применом геометријског моделирања, и добијених скорова, односно резултата деце, направи скала која би одређивала способност деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају. На крају поглавља, приказани су резултати примене наведене скале на деци млађег школског узраста.

Осмо поглавље доноси закључна разматрања, у којима је приказана синтеза добијених резултата и значај примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају. Такође, приказане су могућности примене добијених резултата у практичне сврхе. На крају, дате су смернице даљих истраживања, које је отворила примена геометријског моделирања у области безбедност саобраћаја.

2. ГЕОМЕТРИЈСКО МОДЕЛИРАЊЕ

2.1. Општи значај примене геометријског моделирања

Геометријско моделирање је дисциплина која проучава методе конструисања геометријских и природних форми средствима рачунарске графике. У странијој литератури појам геометријског моделирања обухваћен је терминима „Computer Aided Geometric Design“ (CAGD), или „Computer Aided Design“ (CAD), (Cohen et al., 1980; Farin, 2014). Практична употреба ових метода углавном се одвија кроз интерактивни дијалог конструктора са рачунаром. Спектар примене метода геометријског моделирања иде од симулације лансирања ракета у свемир, до пројектовања рекета за стони тенис, као и од дизајнирања микроелектронских компоненти, до израде анимираних секвенци у сврху едукације или рекламе. Почетак геометријског моделирања тесно је повезан са почецима рачунарске графике. Рачунарска графика је област визуелног рачунарства која се бави свим аспектима креирања и манипулације слике помоћу рачунара. Моделирање објеката у рачунарској графици представља формирање објеката (модела) рачунаром. Како је формиран модел логичка целина, он се даље може употребити за израду конструктивних елемената, различите графичке приказе, технолошку припрему производње и коначно за инжењерске анализе. У CAD поступцима, моделирање је скуп метода којима се, посредством рачунара, дефинишу геометријска, функционална, материјална, естетска и друга својства објеката. Процес израде геометријског модела је геометријско моделирање (Косић, 2007).

Почетак рачунарске графике везује се за период око 1950-те године, када се на Технолошком институту у Масачусетсу (енг. Massachusetts Institute of Technology) појавио први графички приказ контролисан једним од првих рачунара под називом „Whirlwind I“. Наведени рачунар имао је екран који се базирао на катодној цеви и могао је да генерише једноставне слике (Daggett and Rich, 1953). Крајем прве половине XX века, односно крајем 50-тих година, када је Технолошки институт у Масачусетсу представио нову генерацију рачунара са интерактивним радом („TX – 0“ и „TX – 2“), интересовање клијената за рачунарску графику почело је нагло да расте. Технолошки институт у Масачусетсу развио је систем за потребе америчке војске, који је производила фирма „IBM“ (енг. International Business Machines Corporation), а користио се за приказ рачунарски обрађених података о радарском праћењу кретања авиона (Reynolds and Riley, 2002). Након тога, уследио је рад на развоју интерфејса,

који је свој крајњи облик добио у докторској дисертацији Sutherland-a из 1963. догине и његовим научним радовима (Sutherland, 1964; Sutherland, 1998), који представљају базичне студије о интерактивној рачунарској графици. Уследило је велико интересовање гиганата технолошке иновације у свету, као што су „General Motors“, „Bell Telephone Labs“, „Lockhead Aircraft“ и других, који су средином 60-их покренули високобуџетне пројекте, који су укључивали значајне графичке сегменте (Kosić, 2007).

Данас, сваки персонални рачунар поседује високо специјализоване софтверско-хардверске елементе, који у себи садрже читаве комплексе алата, који омогућују комфортно коришћење рачунарске графике, односно геометријско моделирање. Рачунарска графика данас има широку употребу, од инжењерског пројектовања, до индустрије забаве (филмови и рачунарске видео игре). Једна од значајних примена рачунарске графике је у оквиру CAD-a. John Walker (оснивач компаније Autodesk) је 1986. године дефинисао CAD као "технику за моделирање физичких система помоћу рачунара, која омогућује интерактивну и аутоматску анализу варијанти дизајна, као и приказ дизајна у облику погодном за производњу" (Malhotra et al., 1980).

Рачунарска графика, користећи формални математички језик, као и језик програмских алгоритама, помаже, пре свега инжењерима, да геометријске идеје брзо и ефикасно преведу у програмски код. Тиме се данас, уз помоћ савремених рачунара, може доћи до далеко сложенијих и префињенијих резултата истраживања у практично свим областима, од дизајнирања машинских делова и веб-страница до биологије и генетике. Геометријско моделирање обухвата пројектовање (обликовање) и прорачун помоћу рачунара, односно подразумева свеобухватну примену рачунара у: изради графичких и текстуалних докумената; изради 2Д, 3Д и 4Д рачунарских модела физичких и замишљених објеката; прорачунима, анализама и симулацијама инжењерских проблема; планирању, управљању и контроли различитих процеса; оптимизацији производа, процеса производње и градње, као и низ других могућности (Lemeš, 2017; Trifunović et al., 2018a).

Сваки експеримент у реалном окружењу, у циљу испитивања различитих карактеристика и понашања било којег елемента, може бити сложен, дуготрајан, а често и неизводљив (неретко и небезбедан). Из наведених разлога користе се различити облици моделирања, помоћу којих се до тражених података може доћи брже, једноставније, јефтиније и безбедније. Геометријско моделирање омогућава да се применом рачунара, у виртуелном окружењу прикаже жељени елемент који представља подручје истраживања и који је неопходан за вршење различитих анализа. Такође, геометријско моделирање омогућава да се жељени модел креира у виртуелном окружењу и након спроведених анализа у виртуелном окружењу, приступи његовој производњи. У последње време, појавом 3Д штампе, геометријско моделирање још више долази до изражаја. 3Д штампа представља модерну технологију производње објеката у три димензије. Процедура креирања и штампања објеката у три димензије подразумева да се објекат креира сукцесивним наношењем, различитих или истих, слојева материјала. Примена штампе у три димензије представља брже, јефтиније, поузданије и лакше решење од традиционалних решења прављења модела. Управо примена штампе у три димензије омогућава израду макета, делова и склопова од више различитих материјала, као и различитих механичких и физичких својстава у јединственом процесу. Наведена технологија производи моделе који верно опонашају изглед, утисак и функционалност прототипа производа (Ng et al., 2019; Su et al., 2019). Из наведених примера може се видети велики потенцијал примене геометријског моделирања у широком спектру области. Данас је геометријско моделирање основни метод у скоро свим научним областима, почевши од медицине (Tufegdžić et al., 2016; Vitković et al., 2018; Idkaidek and Jasiuk, 2019), до саобраћаја (Vayalamkuzhi and Amirthalingam, 2016; Zhang, 2018; Astarita et al., 2019).

2.2. Значај примене геометријског моделирања у друмском саобраћају

Различити аспекти геометријског моделирања имају примену у различитим областима и за различите намене у друмском саобраћају. Рачунарска графика је омогућила да се направе различите врсте симулатора у виртуелном окружењу. Такође, напредак технологије даје нове могућности за истраживања која су опасна, захтевају много ресурса, или су скупа да се спроведу у реалном окружењу. Студија коју је спровео Cavallo са сарадницима, 2017. године, испитује понашање старијих пешака у геометријски моделираном саобраћајном окружењу. Саобраћајно окружење испитаницима је приказивано на неколико великих монитора. Испитаници су имали задатак да у представљеном саобраћајном окружењу пређу улицу ширине 7 m. Овакав вид експеримента дао је могућност истраживачима да уоче разлике у понашању пешака у различитим саобраћајним ситуацијама (Cavallo et al., 2017). Погодан амбијент, који пружа геометријско моделирање за представљање различитих саобраћајних ситуација у 3Д окружењу, искористили су и творци студије коју је предводио Karaaslan, 2018. године. Наведена студија анализирала је како пешаци опажају електрична и хибридна возила, у поређењу са возилима која имају дизел и бензинске агрегате. Поред симулације, која је у три димензије приказивала возила, пешаке, улице и окружење, експеримент је имао и звучне симулације возила и самог окружења. Резултати наведене студије, која је спроведена уз помоћ геометријског моделирања, показали су да пешаци имају 30% већи ризик да доживе саобраћајну незгоду са електричним возилом, када се налазе у окружењу са високим нивоом буке. Са друге стране, када је ниво буке окружења низак, пешаци имају 10% већи ризик да доживе саобраћајну незгоду са електричним возилом, у поређењу са возилима на дизел или бензин (Karaaslan et al., 2018). У студији коју су спровели Sobhani и Farooq (2018) коришћено је геометријски моделирано саобраћајно окружење у виртуелној реалности, са циљем да се испита како мобилни телефони утичу на безбедно понашање пешака, који користи мобилни телефон док пешачи. У експерименту су учествовали испитаници старости од 18 до 45 година. Симулација је приказивана на рачунару, а испитаници су користили 3Д наочаре. Анализирана су три различита сценарија, два у којима пешаци користе мобилни телефон и један сценарио, који је испитивао, како се пешаци понашају када не користе мобилни телефон. Студија је показала да постоје разлике између наведена три сценарија и да се пешаци безбедније понашају када не користе мобилни телефон током пешачења (Sobhani and Farooq, 2018). Са друге стране, геометријско моделирање и 3Д визуелне симулације омогућавају да се испита колико су пешацима комфорне и безбедне различито дизајниране пешачке стазе (Iryo-Asano et al., 2018), као и за испитивање уличног дизајна, по питању буке коју емитује друмски саобраћај (Jiang et al., 2018). Геометријско моделирање коришћено је и за организацију и управљање безбедношћу саобраћаја на одређеној територији (Reffat, 2014). Како наведена саобраћајна окружења, представљена у 3Д окружењу на рачунару, опажају сами учесници експеримента, испитали су аутори студије спроведене 2017. године у Америци, на челу са Debon. Студија је показала да испитаници оцењују геометријски моделовано саобраћајно окружење високим оценама и да окружење верно приказује реалност. Истраживачи могу детаљно да анализирају уз саобраћајне ситуације и понашање пешака (покрете главом, очима и кретање) при чему су добијени резултати слични онима из реалног окружења (Deb et al., 2017). Истраживања су показала да величина монитора преко кога се приказују различите моделиране саобраћајне ситуације у 3Д окружењу има једино утицаја код старијих испитаника (од 62 до 88 година старости)(Maillot et al., 2017).

Поред симулација у којима је главни фактор човек, користе се и симулације које испитују различите утицаје пута и животне средине (нпр. ветра) на понашање возила (Yu et al., 2014). 3Д симулације омогућавају и да се анализира фактор - возач, односно његово понашање у различитим саобраћајним ситуацијама. Студија коју је спровео Sportillo са сарадницима (2018), испитује како се возачи аутономних возила сналазе у ситуацијама када морају да преузму управљање возилом у ризичним саобраћајним ситуацијама. Кроз наведено

истраживање, применом моделирања саобраћајног окружења и возила у виртуелном окружењу, група аутора врши обуку возача за управљање аутономним возилом, користећи предности оваквог окружења да грешке возача немају никакве последице при вожњи симулираног возила (Sportillo et al., 2018). Наведене погодности користе се и за анализу понашања возача трактора, као и за њихову обуку (Gonzalez et al., 2017).

Геометријско моделирање примењује се и при анализи опажања хоризонталне саобраћајне сигнализације код возача. Поједини аутори користе симулаторе у виртуелном окружењу да испитају како се различити типови хоризонталних ознака опажају у условима смањене видљивости, односно ноћним и кишовитим временским условима (Norberry et al., 2006), док други проучавају видљивост, дотрајалост и облик хоризонталне саобраћајне сигнализације у 3Д окружењу (Soheilian et al., 2010; Villegas et al., 2018). Неки од аутора анализирају опажање 3Д хоризонталних ознака на коловозу од стране возача и пешака и њихов утицај на безбедност саобраћаја (Burlov and Gomazov, 2018; Ћићевић et al., 2018a; Trifunović et al., 2019a). Поред симулација, геометријско моделирање користи се за снимање и анализу положаја и стања саобраћајних знакова (Balali et al., 2017), али и за анализу конфликтних тачака снимљених у реалном окружењу (Battiato et al., 2018). Примена геометријског моделирања у области безбедности саобраћаја показала је до сада веома добре резултате, представља значајан потенцијал за унапређење постојећих решења и отвара могућности за нова разноврсна истраживања.

2.3. Значај примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају

Флексибилност, економичност, безбедност и атрактивност, коју омогућава примена геометријског моделирања у експерименталне сврхе, у области безбедности деце у саобраћају, користи се на различите начине. У Ирану је Zare са сарадницима 2019. године, спровео истраживање, а уједно и едукацију деце, за безбедно прелажење улице, уз помоћ цртања и едукације на конструисаном саобраћајном полигону. У експерименту је учествовало 149 деце узраста 7 година, која су распоређена у две групе (I група – едукација заснована на активном учењу; II група - едукација заснована на активном учењу уз родитеље). Деци је едукативан садржај представљен на конструисаном саобраћајном полигону, а поред тога, деца су имала и да решавају домаће задатке у виду цртежа различитих саобраћајних ситуација. Истраживачи су закључили да нема разлике између две тестиране групе и да су сви учесници експеримента прогресивно напредовали у понашању приликом преласка улице, у периоду од 6 месеци (Zare et al., 2019). Примена рачунарске графике у истраживању даје могућност да се испитају потенцијално опасне ситуације, у којима учествују деца, у симулираном саобраћајном окружењу, али без могућих негативних последица по учеснике експеримента. Студија која је спроведена у Данској (Åbele et al., 2018), имала је циљ да испита понашање младих возача у случају када опазе да дете, или одрасли пешак, изненада прелазе улицу. Истраживање је спроведено у виртуелном окружењу, где су графички моделирани различити сценарији понашање деце и одраслих особа као пешака. Резултати су показали да млади возачи опрезније возе када виде дете које изненада покушава да пређе улицу (Åbele et al., 2018). Такође, постоји разлика у опажању ризика у саобраћају између деце старости од 8 до 12 година, као и деце од 13 до 17 година старости. Испитаницима су приказана четири теста на рачунару и оцењивано је како би и када реаговали у приказаним саобраћајним ситуацијама. Студија је показала да деца млађа од 12 година старости имају знатно дуже време опажања опасне ситуације у саобраћају и знатно мањи број безбедних понашања у саобраћају, у поређењу са старијом децом (Meyer et al., 2014).

Виртуелна реалност омогућава безбедну едукацију деце пешака, при којој деца уче безбедно да се понашају у саобраћају и уједно стичу саобраћајно искуство. Студија, коју је спровео Schwebel са сарадницима (2016), користи повољности виртуелног окружења да

едукује и тестира децу у улози пешака у саобраћају. У експерименту је учествовало 44 деце старости између 7 и 8 година. Деца су моделиране саобраћајне ситуације приказиване на три спојена монитора. Након едукације која је трајала три недеље, деца су показала значајно боље резултате безбедног понашања у саобраћају, него пре почетка едукације. Аутори сматрају да примена графичког моделирања и употреба виртуелне реалности имају позитиван ефекат за обуку деце пешака, али дају простора будућим истраживањима да квантификују напредак деце кроз програме едукације и да дефинишу поступак и време трајања едукације (Schwebel et al., 2016). Истраживање које је спровела група аутора 2018. године (Trifunović et al., 2018b), имало је циљ да испита понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама, које су деца приказане на таблет рачунару и на саобраћајном полигону. У експерименту је учествовало 98 испитаника старости између 6 и 11 година. Резултати истраживања показали су да деца имају већи проценат тачних одговора на таблет рачунару, када им се зада да решавају задатке везане за понашање у саобраћају, за разлику од саобраћајних ситуација које им се задају на саобраћајном полигону (Trifunović et al., 2018b). Такође, студија спроведена 2018. године (Trifunović et al., 2018v), имала је циљ да испита понашање деце на семафору и прелазак улице у ситуацијама које су им приказиване у виртуелној реалности, на рачунару и у реалном окружењу, односно, на саобраћајном полигону. У експерименту је учествовало 120 испитаника, који су похађали ниже разреде основне школе (од првог до четвртог разреда). Деца су показала већи проценат безбедног понашања у саобраћајним ситуацијама које су моделиране на рачунару (Trifunović et al., 2018v), од оних спроведених на полигону. Наведени резултати указују на предност употребе таблет рачунара у процесу обуке деце о безбедним начинима понашања у саобраћају, као и значај ове иновативне едукације за повећање нивоа опште безбедности ове популације у саобраћају.

Све већи проблем у области безбедности деце у саобраћају ствара употреба мобилних телефона у ситуацијама када деца учествују у саобраћају као пешаци, а посебно је опасно када деца користе мобилни телефон у ситуацијама када се спремају да пређу улицу. Употреба моделираних саобраћајних ситуација омогућила је да се спроведе експеримент, који има примарну намеру да испита разлике у понашању деце и одраслих особа, када причају мобилним телефоном при преласку улице. У експерименту је учествовало 14 одраслих особа и 38 деце старости између 7 и 13 година. Испитаницима је на видео платну приказивана саобраћајна ситуација, у којој им је био дат задатак да безбедно пређу улицу, док причају мобилним телефоном. Анализирано је кретање пешака, одабир безбедне ситуације, време реаговања на опасну ситуацију, покрети главе и покрети очију. Сви испитаници имају слабије резултате када користе мобилни телефон и прелазе улицу, од резултата када не користе мобилни телефон приликом преласка улице. Када се анализирају само ситуације у којима испитаници користе мобилни телефон при преласку улице, старији испитаници бележе боље резултате од деце (Tarigo et al., 2016). Кроз наведене примере је приказано да је примена рачунарске графике и геометријског моделирања омогућила низ различитих експеримената, едукативних курсева и анализу понашања деце при учествовању у саобраћају.

Осим употребе геометријског моделирања, при едукацији и тестирању деце пешака у различитим саобраћајним ситуацијама, примена геометријског моделирања је присутна и у истраживањима која испитују опажање вертикалне и хоризонталне саобраћајне сигнализације, као и познавање њиховог значења. За едукацију деце, о познавању значења саобраћајних знакова, веома је битан начин помоћу којег се деца приказује садржај који треба да науче. Студија, коју је спровела група аутора 2018. године (Trifunović et al., 2018g), имала је циљ да испита ефекат учења деце између два различита медијума (таблет рачунара и персоналног рачунара), за питања која су се односила на познавање значења саобраћајних знакова. У експерименту је учествовало 30 испитаника узраста од 5 до 6 година старости. Резултати су показали да су деца много мотивисанија и имају боље резултате када исти садржај уче на таблет рачунару, за разлику од РС рачунара (Trifunović et al., 2018g). Са друге стране, када је у

питању садржај приказан на саобраћајним знаковима, којим је испитивано познавање релације лево-десно и дуже-краће, код деце старости између 7 и 8 година, деца имају већи проценат тачних одговора када тестове решавају на папиру, него на рачунару (Trifunović et al., 2018д). Развој нових технологија и геометријског моделирања допринео је развоју иновација и у области безбедности саобраћаја, у виду 3Д хоризонталних ознака. 3Д хоризонталне ознаке представљају оптичке илузије, односно цртеж у две димензије, који возач види као тродимензионални физички објекат. Овакав вид хоризонталне сигнализације обично се користи на местима где поруке, које пружа класична хоризонтална и вертикална сигнализација, нису довољне (нпр. зона школе, или зона успореног саобраћаја). Геометријско моделирање је створило могућност да се безбедно изведе експеримент који је истраживао како ће возачи да реагују на 3Д хоризонталну ознаку постављену у зони школе. Истраживање је обухватило 87 возача којима је приказивана 3Д хоризонтална ознака у виртуелној реалности. Резултати су показали да је највећи проценат испитаника успорио када је видео 3Д хоризонталну ознаку испред себе (Ћићевић et al., 2018б). Практична истраживања у виртуелној реалности су показала да примена 3Д хоризонталних ознака на коловозу доводи до смањења брзине кретања моторних возила (Wu, 2003; Ћићевић et al., 2018б; Trifunović et al., 2019а). Наведена истраживања у којима се користе различити елементи моделирања дају основ за унапређење безбедности деце у саобраћају.

Студија коју су спровели Lee и Al-Mansour (2018) у Саудијској Арабији показала је да увођење карикатура, графикона, слика и кратких филмова у програм едукације деце о безбедном учествовању у саобраћају, која су млађа од 13 година старости, повећава ниво знања деце о овој области за 24% (Lee and Al-Mansour, 2018), што показује велики потенцијал примене оваквих садржаја у даљим истраживањима. Наведени резултати показују да постоје позитивни ефекти примене моделирања у едукацији деце о саобраћајним правилима, са једне стране, и неопходности да се овакви начини истраживања унапређују и спроводе у будућности. Отуда произилази закључак и практична препорука, да само тестирање и едукација употребом дигиталних медија и геометријског моделирања, који су прилагођени индивидуалним карактеристикама деце, могу знатно да побољшају свест и знање деце путем утврђивања, увежбавања и давања повратних информација о активностима и понашању деце у различитим саобраћајним ситуацијама, што управо коришћење нових технологија и геометријског моделирања омогућава. Мерење напредовања у савладавању безбедног понашања деце у саобраћају, путем специфичних тестова приказаних на рачунару, има већи практични значај него само тренутно постигнуће.

3. БЕЗБЕДНОСТ ДЕЦЕ У САОБРАЋАЈУ

3.1. Деца као учесници у саобраћају

Понашање деце у саобраћају је врло често непредвидиво и зависи од разних фактора, који могу бити последица понашања код куће, или у школи. Деца су веома осетљива на догађаје у породици и школи, што може знатно умањити њихову пажњу у саобраћају, на возила и начин преласка преко коловоза, као и кретање по коловозу. По изласку из школе деца често неопрезно трче, играју се или гурају, тако да неопрезно ступају на коловоз (Lipovac et al., 2007). Напредак нових технологија, у виду дигиталних билборда, мобилних телефона, дигиталних сатова, такође има утицај на ометање деце при преласку улице, кретање тротоаром, опажање саобраћајних знакова и остале елементе саобраћајног система на које пешак, као учесник у саобраћају, мора да обрати пажњу (Šićević and Trifunović, 2014; Trifunović et al., 2017a). Грешке које праве деца у саобраћају, условљене су ограниченим способностима примања више информација одједном, немогућношћу правилне процене брзине и удаљености возила, неразумевањем саобраћајних знакова и семафора, прецењивањем личних способности у погледу претрчавања улице, ограниченошћу могућности селекције битних околности, непоседовањем навика за примену правила „види и буди виђен“. Деца често греше и у процени времена потребног за прелазак улице, при чему на њихово понашање утичу и карактеристике њихове личности, проблеми који их тренутно окупирају, дешавања и појаве у околини итд. (Lipovac et al., 2007).

Деца млађег школског узраста (од 6 до 10 година старости) су у фази развоја вештина и способности за безбедно учествовање у саобраћају. Њихова улога као независних учесника у саобраћају ограничена је на бициклисте и пешаке, који спадају у групу најугроженијих учесника у саобраћају. Из наведеног разлога, у највећем броју земаља, спроводе се разне студије са циљем да се смањи број страдале деце у саобраћају. Студије, које су испитивале понашање деце у саобраћају, спровођене су у експерименталним условима на терену (Zeedyk and Kelly, 2003; Johansson and Leden, 2007; Rosenbloom et al., 2008; Mendoza et al., 2010), неке су спроведене у симулираним саобраћајним условима (Meir et al., 2015; Morrongiello and Corbett, 2015; Tarigo et al., 2016), поједине су засноване на анализи видео снимака понашања деце у саобраћају (Johansson et al., 2011; Fu and Zou, 2016), док су одређене засноване на самопроцени понашања деце (Koekemoer et al., 2017). У развијеним земљама велика пажња посвећује се саобраћајном образовању, едукацији и тестирању перцепције, као и оријентације деце у простору (Chung и Walsh, 2006; Meir et al., 2015; Gitelman et al., 2015; Gitelman et al., 2019), односно испитивању вештина и способности које су неопходне за безбедно понашање деце у саобраћају.

Оријентација у простору има веома важну улогу за безбедно понашање деце у саобраћају. Код деце је оријентација у простору повезана са диференцијацијом просторних односа сопственог тела (десна рука - лева рука). Велику улогу у развоју опажања просторних односа игра укључивање речи у процес опажања, посебно у опажању просторних односа међу предметима. Налази указују да деца најпре издвајају форму на опаженом предмету, а знатно мању улогу за препознавање игра величина посматраног објекта (Trifunović et al., 2017a). Опажање величине брже напредује у случајевима када величина постане ознака за избор предмета; од 3 - 7 године деца све више увиђају односе величина (Мујезиновић and Selimović, 2012). Млађа деца имају потешкоћа при оријентацији у простору и идентификацији потенцијалних опасности у саобраћају, пре свега у урбаним срединама, где саобраћај није у великој мери интензиван, што доводи до њиховог небезбедног понашања (Leden et al., 2006; Meir et al., 2015). Истраживања показују да импулсивно понашање које је својствено за млађу децу, такође има утицај на њихово небезбедно понашање у саобраћају (Schwebel et al., 2012). Слично томе, деца су склона изненадном истрчавању на улицу, што је изузетно опасно, јер возачи немају много времена, ни простора, да избегну изненадно створену препреку на путу (Gitelman et al., 2015). Примењено у области безбедности деце у саобраћају, показало се да само 60% деце, узраста од 4 до 7 година, поседује у адекватној мери знања о томе које се брзине могу очекивати од којег возила. Деца узраста 6 - 13 година показују знаке непоуздане процене даљине, нарочито када је у питању већа удаљеност (Trifunović, 2015). Код млађе деце опажање правца кретања представља проблем. Деца узраста до 5 година (као и нека старија деца) која немају изграђен појам стварног времена, сматрају да је време директно повезано са удаљеношћу (Chung и Walsh, 2006). Савремени саобраћај пред све учеснике, а посебно децу, поставља сложене и високе захтеве. Недовољна зрелост деце и њихово скромно животно и саобраћајно искуство, насупрот изложености и склоности ризицима и изазовима доводи до тога да су деца једна од најугроженијих категорија учесника у саобраћају. Обзиром да је саобраћај једно од најзначајнијих и најтежих искустава у животу сваког детета, њима нимало није лако да се прилагоде тако сложеним условима кретања (Stanković et al., 2014).

Физичке карактеристике школске деце у виду њихове крхке телесне конституције и мале висине, уз карактеристике понашања, представљају сталну опасност за возаче, у смислу изненадне, непредвидиве и неуочљиве појаве деце на коловозу. Такође, треба нагласити да у одређеном проценту, због недовољне пажње и бриге родитеља, деца која нису обучена за самостално безбедно учешће у саобраћају, иду пешице од куће до школе, без надзора (Lipovac et al., 2007). Да би се деци обезбедило безбедно и независно учествовање у саобраћају, веома је важно да деца стекну основне когнитивне способности. Когнитивни развој тече као континуирани процес од самог рођења до зрелог доба, а у директној је интеракцији са окружењем. Дакле, што се тиче способности деце да се понашају безбедно у друмском саобраћају, важно је да науче да одржавају пажњу, препознају опасности, логички доносе одлуке, као и да науче да се понашају као део целокупне друштвене заједнице (Trifunović et al., 2017a).

Што су деца старија и што се више приближавају адолесценцији, њихове способности почињу да буду сличније способностима које имају одрасле особе, али развој потребних вештина за самостално безбедно понашање у саобраћају варира у односу на године и појединца (Gitelman et al., 2019). Чак и поједина деца која имају више од 14 година старости, немају развијене способности да се безбедно понашају у саобраћају (Schwebel et al., 2012; Plumert and Kearney, 2014). Деца у саобраћају могу небезбедно да се понашају због недостатка знања, или због притиска вршњака (Schwebel et al., 2012). Деца мушког пола склонија су да се ризично понашају у саобраћају, у поређењу са децом женског пола (Granić, 2009; Gitelman et al., 2019). Све чешће се деца небезбедно понашају у саобраћају, јер користе мобилни телефон, који им одвлачи пажњу, вид и концентрацију (Stavrinos et al., 2009; Tapiro et al., 2016). Такође, један од битних ограничавајућих фактора који утичу на понашање деце у саобраћају, поред

знања, јесте и искуство (Schwebel et al., 2012; Plumert and Kearney, 2014). Скромно животно и саобраћајно искуство које деца имају, представља још једну карактеристику која сврстава млађу децу у најрањивију групу учесника у саобраћају.

Истраживања показују да млађа деца (од 6 година старости) и адолесценти представљају посебно рањиву групу учесника у саобраћају због ограничених физичких, психичких и когнитивних способности (Schwebel et al., 2012; WHO, 2013; Meir et al., 2015; Trifunović et al., 2017a). Недостатак физичког сазревања, али и зрелости у когнитивном и психичком смислу, ограничава њихову способност да процењују ризик и стварају потенцијал да се деца небезбедно понашају у саобраћају. Конкретно, млађа деца (до 13 година старости) имају потешкоћа у процени брзине, смера и удаљености возила које се креће, што укупно доводи до повећања ризика у ситуацијама када деца треба да пређу улицу (MacGregor et al., 1999; Morrongiello et al., 2015).

Понашање деце при преласку улице представља једну од најкомплекснијих радњи које деца обављају у саобраћају, јер при преласку улице, деца и возила деле исту површину којом се крећу. Деца највише прелазе улицу у зонама школе, па се из тог разлога спроводе различите мере, како би се повећала безбедност деце у зонама школе (успоривачи саобраћаја, приказ брзине кретања возила на екрану поред пута, сужење коловоза у зони школе итд.). Највећи број мера усмерен је ка возачима, како би се смањио ризик настанка и ублажиле последице саобраћајних незгода. Са друге стране, деца спадају у најугроженију групу учесника у саобраћају, а небезбедно понашање деце у саобраћају настаје из разлога што деца нису развијена да доносе исправне одлуке у саобраћајним ситуацијама, што за последицу може имати настанак саобраћајне незгоде. Многе студије предлажу употребу семафора за регулисање саобраћаја у зонама школа (Lipovac et al., 2013; Lambrianidou et al., 2013; Xiong et al., 2014) и истичу употребу панела, који одбројава време преостало за прелажење улице, као и значај утицаја оваквих панела на повећање нивоа безбедности деце у саобраћају (Wanty and Wilkie, 2010; Cleaver et al., 2011). Насупрот томе, резултати појединих студија показују да се деца небезбедно понашају и прелазе улицу на црвено светло, када на панелу виде информацију да зелено светло на семафору неће убрзо да се упали (York et al., 2011; Vujanović et al., 2014). У ситуацијама када деца сама прелазе улицу, она се понашају мање безбедно од деце, која у групи са својим вршњацима прелазе улицу. Деца мушког пола су склонија да претрчавају улицу, од деце женског пола (Fu and Zou, 2016).

Истраживања у развијеним земљама указују да деца имају велику мобилност. Подаци из Швајцарске показују да деца узраста од 6 до 9 година, у просеку имају око 3,4 путовања по дану, а деца узраста од 10 до 14 година имају просечно око 3,8 путовања дневно (Consult, 2004). Не постоји прецизан податак око учешћа деце у сваком од видова превоза. У урбаним срединама (великим градовима) са добро организованим јавним превозом, проценат коришћења јавног превоза од стране деце је висок (45%), док је у мањим градовима тај проценат између 32% и 37%. Процент путовања бициклом креће се између 5% и 7%. У Белгији, деца користе активне начине кретања (нпр. бициклизам и пешачење) на путу до школе (59%) много више од деце из других европских земаља (29%) (D'Haese, 2011). Деца су десет пута безбеднија у саобраћају када пешаче, него када возе бицикл (Inada et al., 2017). Међутим, студија спроведена у Белгији (D'Haese, 2011) је показала да је удаљеност до школе главни и одлучујући фактор за избор начина доласка до школе, између пешачења или вожења бицикле. Деца се одлучују за пешачење до школе, ако се школа налази у радијусу од 1,5 km од њиховог места становања (D'Haese, 2011). Иста студија показала је, да прихватљива удаљеност код деце износи до 3 km у једном смеру, да за превозно средство до школе одаберу бицикл (D'Haese, 2011). Процењује се да, у великим градовима, удаљеност школе од куће деце износи око 3 km (Sadahiro, 2007). Једна трећина родитеља у Аустрији аутомобилом довози децу из вртића. Са друге стране, немачка студија је показала да густина саобраћаја утиче на избор вида превоза. У руралним подручјима, са slabим интензитетом друмског саобраћаја, чак између 78% и 89%

деце иду у школу у пратњи одрасле особе. У подручјима са интензивним друмским саобраћајем тај број је само 65% (West et al., 1993). За децу, путовање аутобусом је седам пута безбедније од путовања аутомобилом (TIS, 2004). Поједине студије, новијег датума, промовишу физичке активности деце и препоручују да деца до школе иду пешице, или бициклом (Villa-González et al., 2018; Larouche et al., 2018; Inada et al., 2019), док са друге стране, студије које су спроведене у Канади (Lavoie et al., 2014), Новом Зеланду (Schofield et al., 2008) и Јапану (Inada et al., 2017) показују супротно, да за децу није безбедно да иду пешице у школу и наглашавају да је посебно небезбедно да деца бициклом иду у школу. Увођење „зоне 30“ довело је до смањења броја настрадале деце пешака и бициклиста у саобраћајним незгодама за 18,6% (National Police Agency Japan, 2017; National Police Agency Japan, 2018). Употреба кацига, при вожњи бицикла, такође има утицаја на смањење страдања деце у саобраћају (Ichikawa and Nakahara, 2007; Lobjois et al., 2013). Правилна употреба кациге указује на смањење повреда главе за око 60%, а повреда лица за око 23% (Gitelman et al., 2019). Ношење бициклистичке кациге смањује ризик од повреде главе за најмање 45% и смањује могућност добијања повреда опасних по живот бициклисте за 29% (Attewell et al., 2001; McAdams et al., 2018). Наведене студије воде ка истом закључку, да је неопходно обезбедити безбедне путеве деци до школе и да је потребно едуковати децу, како би се она безбедно понашала на путу до школе.

Родитељи и наставници могу много да допринесу повећању безбедног понашања деце у саобраћају, пре свега својим личним примером, а потом и едукацијом, саветима и правилним инструкцијама које дају деци, када заједно шетају тротоаром, стазом поред улице или при преласку улице (Morrongiello and Corbett, 2015). Међутим, родитељи и наставници не могу надокнадити вештине које су потребне деци да се самостално безбедно понашају у саобраћају (Morrongiello and Barton, 2009). Осим тога, родитељи и други одрасли имају тенденцију да прецењују способности и вештине које деца одређеног узраста поседују (Morrongiello and Corbett, 2015; Gitelman et al., 2019), што може довести до трагичних последица по децу која самостално учествују у саобраћају.

3.2. Преглед стања безбедности деце у саобраћају са посебним освртом на начин њихове угрожености

У саобраћајним незгодама, када се посматра страдање деце у целом свету, на дневном нивоу „нестане“ неколико учioniца ђака. Страдање деце у саобраћајним незгодама представља озбиљан здравствени проблем (Kukić and Petrović, 2010). Истраживања, спроведена широм света, показала су да деца највише страдају у саобраћају као пешаци, односно, да од укупног броја настрадале деце у саобраћајним незгодама, чак 38% деце страда као пешаци (WHO, 2015). У урбаним срединама, деца као пешаци, путују до школа, продавница, паркова и других градских дестинација, док у руралним срединама најчешће се крећу до школе (Gitelman et al., 2019). Деца најчешће страдају у саобраћајним незгодама док шетају, играју се, или прелазе улицу (WHO, 2015). На основу вредности јавног, или саобраћајног ризика могу се, између осталих, тачно издвојити поједине општине или средине, где је ризик страдања деце значајно већи у односу на друге (Lipovac et al., 2007). Деца која живе у земљама са ниским и средњим националним дохотком имају 60% већи ризик, да смртно страдају од последица саобраћајних незгода, у поређењу са децом у земљама са високим националним дохотком. Деца из неразвијених земаља имају повећан ризик, посебно као пешаци и бициклисти, због њиховог "излагања" небезбедном саобраћајном окружењу (WHO, 2015). Статистика показује да деца, чији родитељи имају нижа примања, чешће учествују у саобраћајним незгодама (West et al., 1993). Породице са нижим примањима (и њихова деца) чешће живе у областима у којима је друмски саобраћај јако интензиван и због тога имају већи ризик учешћа у саобраћајним незгодама (Limbourg and Reiter, 2010). Истраживање у Немачкој показало је да деца из сиромашних друштвено-економских средина

имају дупло већи ризик од учествовања у саобраћајним незгодама (1,1%) од деце из богатих друштвено-економских средина (0,5%) (Holte, 2010). Аустријска истраживања показују да деца (старости између 1 и 14 година) из мигрантских породица чешће учествују у саобраћајним незгодама као пешаци, од дугогодишњих становника истог подручја (30% мигранти, 14% становници) (Jürgen, 2010). Немачке анализе показале су да деца из мигрантских породица, или из породица са слабијим социјално-економским статусом, имају спорији психомоторни развој од деце из резидентских породица, или од деце са бољим социјално-економским статусом (Limbourg and Reiter, 2010). 93% свих смртно страдалих особа у саобраћајним незгодама дешава се у земљама са ниским или средњим приходима, иако ове земље имају око 60% возила, од укупног броја возила у свету (WHO, 2019), док земље са високим дохотком постижу добре резултате у области безбедности саобраћаја и имају драматично мањи број смртно страдале деце у саобраћајним незгодама, протеклих година (Chang et al., 2018).

Приближно 1,35 милиона људи сваке године смртно страда у саобраћајним незгодама широм света (WHO, 2019). Повреде у друмском саобраћају знатно су израженије код појединих група учесника у саобраћају. Деца, као пешаци, имају већи ризик од повреде, него било која друга старосна група пешака (Kuiper et al., 1994; O'Toole and Christie, 2018). Повреде у саобраћајним незгодама представљају девети узрок смрти деце, која спадају у старосну категорију од 0 до 14 година (WHO, 2014), а процењује се да ће саобраћајне незгоде бити на седмом месту водећег узрока смрти деце из наведене старосне групе, до 2030. године (WHO, 2019). У слабо развијеним подручјима, повреде у саобраћајним незгодама већ представљају други водећи узрок смртно страдале деце узраста од 5 до 14 година (Agbenorku et al., 2013; O'Toole and Christie, 2018). У старосној групи између 5 и 29 година, у коју спадају деца и млади, саобраћајне незгоде данас већ представљају водећи узрок смрти у свету (WHO, 2019). Када се посматрају деца и млади, особе мушког пола су склоније да доживе саобраћајну незгоду од особа женског пола. Око три четвртине (73%) свих смртно страдалих особа између 0 и 25 година старости су мушкарци, који имају скоро 3 пута већу шансу да доживе саобраћајну незгоду од особа женског пола, истог старосног доба (WHO, 2019). Када доживе саобраћајну незгоду, деца најчешће задобију потрес мозга (26%) и отворене преломе (25.3%) (график бр. 1.1) (WHO, 2008).

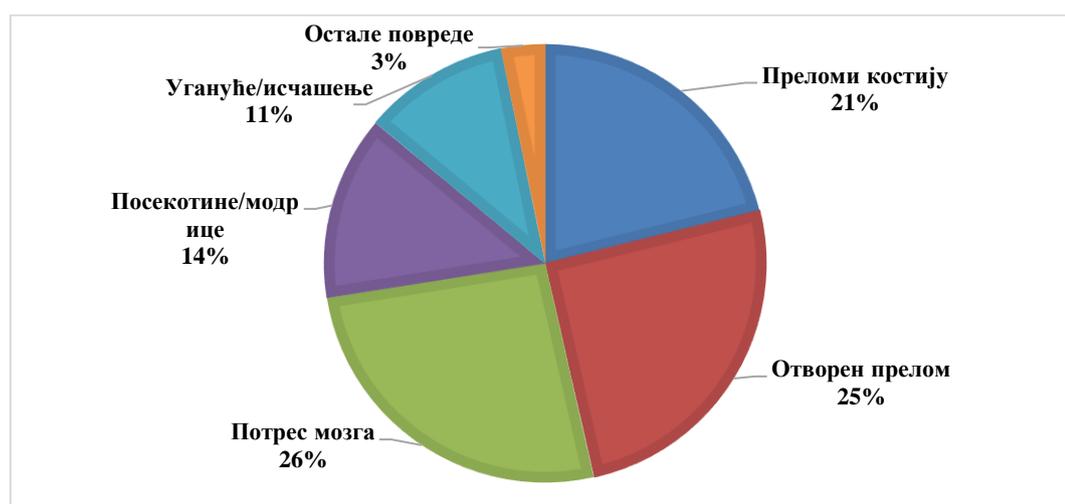


График бр. 1.1 – Процент повреда које су деца задобила у саобраћајним незгодама (WHO, 2008)

Као самостални учесници у саобраћају, деца могу да припадају категорији пешака, или категорији бициклиста. Највећи проценат саобраћајних незгода у којима су учествовала деца старости до 14 година и које су имале смртан исход, догодио се на начин да су деца као пешаци

учествовали у саобраћају (48%) (Branche et al., 2008). Деца као пешаци, најчешће страдају у саобраћајним незгодама када на њих налети путнички аутомобил, док деца као бициклисти најчешће страдају у незгоди са теретним возилима (Institute for road safety research – Netherlands, 2009; Polinder et al., 2016). Када се анализирају деца пешаци, глава и доњи екстремитети су најчешћи делови тела деце који су повређени у саобраћајним незгодама (WHO, 2008). Од укупног броја настрадале деце у саобраћајним незгодама, 9% деце смртно је страдало као возачи бицикала (Branche et al., 2008). Деца бициклисти, слично као и пешаци, представљају рањиву популацију учесника у саобраћају (Bromell and Geddis, 2017). Код деце узраста између 5 и 17 година, један од најчешћих узрока повреда су повреде које су задобили у саобраћајним незгодама, када су као учесници у саобраћају управљали бициклом (Centers for Disease Control and Prevention, 2010). Повреде главе чине 60% смртности међу децом која доживе саобраћајну незгоду док возе бицикл (Shonkoff et al., 2009).

Практично, свако путовање почиње и завршава се пешачењем. Истраживања показују да је 18% деце која су била жртве саобраћајних незгода, било повређено због коришћења мобилног телефона, или плејера, приликом прелажења улице (Islam и Jones, 2014; Tapiro et al., 2016). Резултати истраживања показују да постоји дупло већа опасност да аутомобил удари дете, него одраслу особу. Ова разлика је израженија због склоности деце ка различитим електронским уређајима, као што су мобилни телефони, или музички плејери, које поседују и користе у току прелажења улице или у вожњи бициклом (WHO, 2008). Код мале деце, највећи број саобраћајних незгода догађа се због неправилног прелажења улице (Islam и Jones, 2014). Деца од 6 година и млађа, најчешће доживе саобраћајну незгоду при изненадном истрчавању на улицу (44%), или када прелазе улицу ван обележеног пешачког прелаза (36%). Иако су деца овог узраста углавном под надзором родитеља, веома често се дешава да прелазе улицу када је упаљено црвено светло на семафору, или прелазе улицу на небезбедном месту (ван пешачког прелаза).

У Републици Србији 43 детета смртно су страдала и још 4602 деце је било повређено у саобраћајним незгодама, када се посматра период од 2015. до 2017. године (децом се сматрају лица старости између 0 и 14 година). Анализом броја смртно страдале деце по годинама, у периоду 1997-2017. године, у Републици Србији, уочава се да број погинуле деце има тренд смањења, али да осцилује кроз године. Након 2010. године уочава се стабилан тренд смањења, који је прекинут у 2015. и у 2017. години (АБС, 2018). У Републици Србији је 2014. године погинуло најмање деце, откако се прати статистика о саобраћајним незгодама (10 погинулих). У 2015. години дошло је до повећања броја погинуле деце, када је погинуло 14 деце. 2016. године погинуло је 12 деце, док је 2017. године погинуло 17 деце, што је највише у последњих шест година (АБС, 2018).

Посматрано кроз проценте, у периоду између 2015. и 2017. године, по својствима учешћа у саобраћају, деца путници чине 63%, деца пешаци 30%, а деца бициклисти 7% од укупног броја погинуле деце у саобраћајним незгодама. Код повређене деце, путници чине 54%, пешаци 33%, бициклисти 12%, а возачи моторног возила 1% од укупног броја повређене деце у саобраћајним незгодама (АБС, 2018). Посматрано по годинама старости, највише погинуле деце било је узраста 14 година (петоро деце), а затим новорођенчади и деце узраста 11-13 година (по четворо деце). Анализирајући број повређене деце у саобраћају, у зависности од узраста, може се уочити да се број повређене деце повећава са сваком годином старости детета. Највише повређене деце било је међу четрнаестогодишњацима (АБС, 2018). Анализом броја погинуле деце по старосним групама и својствима учешћа у саобраћају, може се закључити да деца као пешаци, бициклисти и путници највише смртно страдају у узрасту између 10 и 14 година (график бр. 1.2) (АБС, 2018). Овакви резултати могу се повезати са постепеним (вероватно прераним) осамостаљивањем деце у саобраћају, али и због повећане мобилности деце, која у овом периоду, код деце, расте са порастом година старости (Nevelsteen et al., 2012; Leden et al., 2014; Lee and Mirman, 2018; Olsen et al., 2019). На саобраћајне незгоде,

у којима деца страдају као путници, нема утицаја зрелост, као ни психо-физичке карактеристике деце, већ најчешће недовољна едукација деце и родитеља. Са друге стране, деца као пешаци и бициклисти, нарочито у периоду од 5. године старости, почињу самостално да учествују у саобраћају и управо њихови пропусти најчешће доводе до саобраћајних незгода.

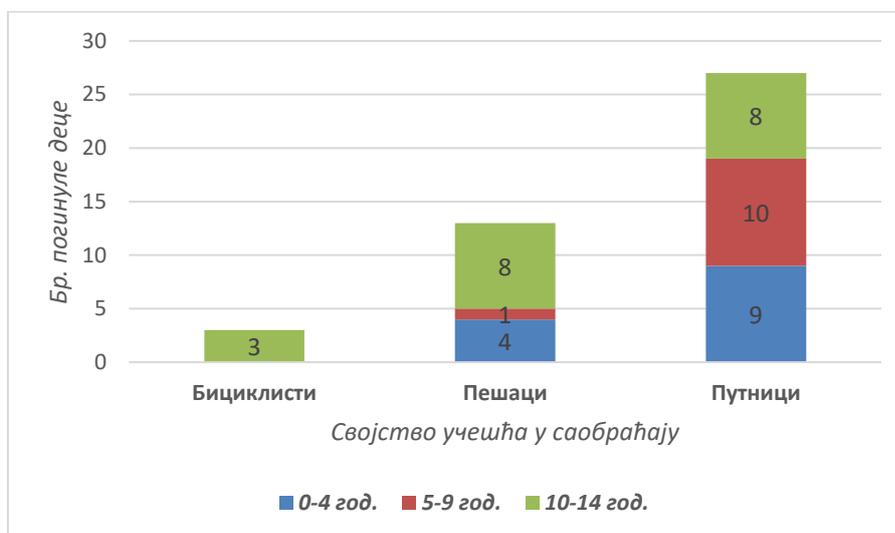


График бр. 1.2 - Број погинуле деце по старосним групама и својствима учешћа у саобраћају (АБС, 2018)

На основу расподеле повређене деце према полу (2015, 2016. и 2017. година) уочава се да дечаки чине 58%, а девојчице 42% смртно страдале деце у саобраћајним незгодама. Када је реч о повредама, дечаки чине 56%, а девојчице 44% укупног броја повређене деце, у дефинисаном периоду од три године. На основу расподеле броја повређене деце према својствима и месецима догађања саобраћајних незгода, највише деце пешака повређено је у периоду од марта до јуна и у периоду од септембра до децембра, у односу на остале месеце у току године (2015, 2016. и 2017. година). Анализом броја повређене деце према часовима догађања саобраћајних незгода, може се закључити да највише деце пешака смртно страда у 12, 17, 20. и 21. часу (по двоје). Највише повређене деце пешака било је у периодима од 12 до 15 часова, и од 17 до 20 часова, што се може довести у везу са временима када се деца крећу на путу од куће до школе и од школе до куће (АБС, 2018). На основу резултата експертиза саобраћајних незгода у којима су учествовала деца, на територији Републике Србије, може се закључити да деца као пешаци и као бициклисти најчешће страдају у насељу (АБС, 2015).

Табела бр. 1.1 - Број погинуле деце по старосним групама, својствима учешћа у саобраћају и месту саобраћајне незгоде

Својство учешћа у саобраћају	Место саобраћајне незгоде	0-4 год.	5-9 год.	10-14 год.
Пешаци	Насеље	10	22	17
	Ван насеља	2	5	2
Бициклисти	Насеље	1	1	5
	Ван насеља	0	0	4

Стратегијом безбедности саобраћаја на путевима Републике Србије дефинисан је циљ изградње одрживог и делотворног система управљања безбедношћу саобраћаја до 2020.

године, који ће, између осталог, довести до тога да од 2020. године нема погинуле деце у саобраћају на путевима Републике Србије.

3.3. Едукација деце о безбедности у саобраћају

Едукација, која се редовно спроводи над децом предшколског и школског узраста, одувек је била најбоља мера за унапређење безбедности деце у саобраћају (Dragutinović and Twisk, 2006). Иако је едукација кључна мера при припреми деце за самостално учешће у саобраћају, њени ефекти су ограничени (Twisk et al., 2007). Са једне стране, то је зато што едукација може само делимично да убрза ментални и биолошки развој деце. Са друге стране, деца тешко примењују „резиме“ знања конкретне ситуације на ново научене ситуације (Dragutinović and Twisk, 2006). Највећи број студија о едукацији деце о безбедности у саобраћају усмерен је на понашање деце у саобраћају и учење саобраћајних правила (Drott et al., 2008; Schwebel and McClure, 2010; Tabibi, 2010; Zare et al., 2019), док је мањи број студија усмерен ка испитивању способности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају (Thomson et al., 1998, Trifunović et al., 2017a). Студије које су намењене за тестирање и испитивање деце о безбедном понашању у саобраћају, имају ограничења, која се односе на подршку детету, од стране инструктора, приликом објашњавања начина решавања задатака, што касније може имати утицаја на објективност излазних резултата (Zeedyk et al., 2002).

Учење у детињству највише се заснива на понашању (гледању и понављању ствари) које се касније усваја као сопствено. Унапређење вештина у саобраћају није довољно за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Едукацијом је потребно обезбедити формирање правилних ставова о безбедности у саобраћају, као што су: избегавање ризика, опирање притиску друштва и избегавање прецењивања сопствених способности (Dragutinović and Twisk, 2006). Едукација деце у области безбедности саобраћаја показала се веома ефикасном у великом броју студија. Наиме, деца која су прошла кроз програм едукације о безбедности саобраћаја, показала су много безбедније понашање у саобраћају, у односу на децу која нису похађала програме едукације (Ampofo-Boateng et al., 1993; Fyhri et al., 2004). Аутори студија препоручују различите старосне границе за почетак едукације деце у области безбедности саобраћаја, које се крећу између 5 и 6 година старости (Thomson et al., 1992; Glad and Midland, 2000, Trifunović et al., 2017a). Осим узрасних, са друге стране, образовно-васпитне мере, немају просторна и временска ограничења (једном усвојено правилно понашање важи дужи временски период и свуда). Поред тога, јефтиније су и кључан су фактор, у поштовању било које примењене грађевинско-техничко мере. Међутим, едукација је много ефикаснија уколико је део дуготрајних и поновљених интервенција, које се комбинују са другим мерама, као што је контрола саобраћајне полиције (Twisk et al., 2007).

Многе развијене земље, као што су Сједињене Америчке Државе, Велика Британија, Немачка, Јапан и Шведска, које раде на унапређивању безбедности деце у саобраћају, дефинисале су својим наставним плановима и програмом начин едукације и области које ће деца током редовног школовања обрађивати (National Highway Traffic Safety Administration, 2016; DfT, 2017; Fahrerlaubnisverordnung, 2017; Transportation Safety Institute, 2017; NTF, 2019). Наставним плановима Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије (Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије, 2019) предвиђено је да се са децом, директно или индиректно, ради на тему безбедности у саобраћају, на одређеном броју часова, у оквиру појединих предмета. Предмети у којима деца причају и уче о саобраћају су: „Свет око нас“, који похађају ученици првог и другог разреда и „Природа и друштво“ за ученике трећег и четвртог разреда основних школа, док у оквиру одређених области и тема, предмети: „Српски језик“, „Математика“, „Физичко васпитање“ и „Ликовна култура“, могу се на индиректан начин искористити, како би се овладало знањем и вештинама, које су деци неопходне за безбедно учествовање у саобраћају.

За децу првог разреда основне школе наставним плановима Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије, на часовима „Српског језика“, односно „Језичке културе“, предвиђен је разговор са децом о догађајима и доживљајима (околина, дом, школа, игра итд.), у којима се могу разматрати и теме из области саобраћаја. На часовима „Математике“, предвиђено је да деца уче о геометријским облицима и релацијама између предмета у простору. Када је у питању предмет „Свет око нас“, предвиђено је обрађивање тема које су у директној вези са саобраћајем, при чему је главна тема за децу првог разреда „Моја околина“. У оквиру предмета, са децом се прича о амбијенту у коме живе: о дому, улици, школи и насељу. Теме „Саобраћај и правила понашања“, као и тема „Опасне ситуације по живот, здравље и околину - превенција и правилно понашање“, предвиђају разговор са децом о саобраћају, неправилном коришћењу кућних апарата и о елементарним непогодама. На истом предмету предвиђена је и обрада теме „Кретање - промена положаја у времену и простору“. За сваку од ових тема предвиђена су по три школска часа. На предмету „Музичка култура“ предвиђено је повезивање садржаја песама са садржајима осталих наставних предмета, па је сходно томе, за упознавање са правилима саобраћаја, предвиђено слушање дечје песмице „Саобраћајац“.

За ученике другог разреда основне школе наставним плановима Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије предвиђено је, на часовима „Српског језика“, односно „Језичке културе“, причање о догађајима и доживљајима. Теме се односе на ближе и шире животно окружење (околину, дом, школу и простор за игру), а потребно је да деца причају и да описују теме, где је пожељно уврстити што већи број саобраћајних термина. На часовима „Математике“, поред тога што је предвиђено да ученици усвајају знања о геометријским облицима и просторним релацијама између предмета, као и о мерама и мерењу, градиво се може довести у везу са способностима које деца треба да поседују за безбедно учествовање у саобраћају. На предмету „Свет око нас“, који и за ученике другог разреда представља једини предмет у оквиру кога се са ученицима обрађују конкретне теме о саобраћају, главна тема је „Моје место, насеље са околином“. Предвиђена је такође и обрада теме „Саобраћај у насељу“, као разговор са децом о врстама саобраћаја, саобраћајним средствима, регулисању саобраћаја, безбедности саобраћаја и култури понашања у саобраћају. Обрада ове теме предвиђена је у оквиру четири школска часа. За обраду теме „Сналажење у насељу“, која укључује разговор са децом о улици и објектима у њој, предвиђена су два школска часа. У оквиру предмета „Ликовна култура“ предвиђено је да деца цртају разне знакове и симболе, чије је познавање неопходно за безбедно учествовање деце у саобраћају. На предмету „Музичка култура“ предвиђено је повезивање садржаја песама са садржајима осталих наставних предмета, па и са саобраћајем, уколико је то у могућности предавача.

За децу трећег разреда основне школе, наставним плановима Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије, предвиђено је да се на часовима „Српског језика“, поред правописа, деци омогући причање и описивање на разне задате теме, које могу укључивати и саобраћај. Предвиђено је да деца трећег разреда у оквиру „Страног језика“ обрађују теме у вези са окружењем, у оквиру чега се подразумева разговор са децом о месту и улици где станују. На часовима „Математике“ предвиђено је да деца у још ширем обиму уче о геометријским телима, мерама и мерењима. Предмет „Природа и друштво“, за децу трећег разреда, представља једини предмет у оквиру кога се директно обрађују теме везане за саобраћај. Област саобраћаја може се споменути кроз обраду тема „Некад и сад“ и „Мој завичај и његова прошлост“, док тема „Саобраћај у окружењу“, даје најшире могућности едукације. На часовима „Ликовне културе“ предвиђено је цртање простора, повезивање облика и боја, што је од великог значаја за развијање способности које су деци неопходне за безбедно учествовање у саобраћају.

За ученике четвртог разреда основне школе, према наставним плановима Завода за унапређење образовања и васпитања Републике Србије, предвиђено је да се на часовима

„Српског језика“, у проширеном обиму, поред правописа, ученицима омогући причање и описивање на разне задате теме, које би могле да буду везане и за саобраћај. На часовима „Математике“ предвиђено је, у ширем обиму него у трећем разреду, учење о геометријским облицима, површинама, мерама и мерењу, као и решавање текстуалних задатака, кроз које се може развијати размишљање, памћење и друге способности, које су битне за безбедно учествовање деце у саобраћају. Предмет „Природа и друштво“, за ученике четвртог разреда представља једини предмет у оквиру кога се са ученицима директно обрађују теме о саобраћају. Предвиђен је тематски осврт и разговор са децом о прошлости, са описом насеља, околине, путева итд. У погледу моторичких способности код деце, у школама се, у оквиру „Физичких активности“ може увежбавати оријентација у простору, кроз усвајање и разумевање просторних појмова (горе, доле, лево, десно, напред, назад, иза угла, далеко, близу итд.). Усвајање просторних појмова на овакав начин, доприноси унапређењу поимања простора као једном од најважнијих елемената учешћа у саобраћају. Поред оријентације у простору, са децом треба вежбати и способност реаговања и контролу покрета, а посебно нагло заустављање испред препреке - линије, коју ће деца касније, у пракси, повезивати са ивицом коловоза.

Детаљном анализом наставних планова и програма за децу млађег основно-школског узраста, може се закључити да је за област безбедност саобраћаја додељено минимално простора, у свега неколико предмета, кроз мали фонд часова наставе. Деца се кроз предмете уче углавном теоријском знању о саобраћају, док је функционално знање изостављено. За едукацију деце о области безбедност саобраћаја, кључан је узраст између 6 и 10 година старости, када деца почињу самостално да учествују у саобраћају, као пешаци и постепено, као бициклисти. Будући да се кроз основно-школско образовање остварује минимум обавезне едукације деце о безбедности саобраћаја, остаје да се добровољним залагањем наставника и њиховим препознавањем важности ове области, код деце развијају знање, вештине и способности за безбедно учествовање у саобраћају. Поред наставника, у циљу унапређења знања, способности, вештина и искуства деце за безбедно учествовање у саобраћају, морају да се ангажују и посвете родитељи.

Програми едукације које су креирани за појединачну обуку деце, или су се спроводили на мањим групама, од три, до пет особа, показали су највећу стопу успеха у едукацији деце за безбедно учествовање у саобраћају. Такви програми су, међутим, изузетно скупи, пре свега због потребе за великим бројем инструктора (Schwebel and McClure, 2010). Да би се решило ово питање, поједини програми едукације деце у области саобраћаја користе групну едукацију родитеља, који своје знање преносе деци (Thomson et al., 1998; Drott et al., 2008). Постоји неколико иницијатива, које се не односе на формално образовање у школама, већ на неформално образовање, које спровode родитељи. Студија, коју је спровео West са сарадницима, 1993. године, показала је колико на безбедност деце у саобраћају утиче окружење људи са којима деца проводе време. Студија истиче значај родитеља као кључних чинилаца за едукацију деце о безбедности саобраћаја (West et al., 1993). Да родитељи имају велику одговорност за едукацију деце о саобраћају говори и студија коју је спровео Gärling са сарадницима (1984). У студији су учествовали родитељи деце, узраста од 2 до 12 година старости, из центра града, наведено је да са порастом година детета утицај родитеља на изложеност ризику у саобраћају опада, док се утицај самог детета повећава (Gärling et al., 1984). Велики значај за безбедност саобраћаја поред родитеља имају и учитељи, односно наставно особље у вртићима и школама. Студија коју су спровели Berry и Romo (2006) потврђује велике разлике у знању и понашању деце у саобраћају, у зависности од посвећености наставника. Важност едукације родитеља и деце битна је за све сегменте безбедности саобраћаја, а студија указује на постојање јасних разлика у едукацији родитеља из руралне и урбане средине, по питању безбедног учествовања деце у саобраћају (Huseth-Zosel and Orr, 2015). Веома је битно да родитељи децу уче понашању у саобраћају и поштовању саобраћајних

прописа личним примером: возња у аутомобилу са везаним сигурносним појасом, прелажење улице на пешачком прелазу, пролазак раскрснице само када је зелено светло на семафору, некоришћење мобилних телефона током учешћа у саобраћају и др. У данашње време родитељи би требало да промене савете које дају деци, када је реч о прелажењу улице: "Погледај лево и десно и искључи мобилни телефон" (Nasar and Troyer, 2013).

Имајући у виду резултате приказаних искустава, из света и окружења, може се дефинисати потребан ниво знања, ставова и вештина за безбедно учествовање у саобраћају, које се очекује код деце основно-школског узраста. Зато је важно и неопходно применити мере које омогућавају деци да се безбедније понашају у саобраћају. Оне се састоје из схватања начина размишљања, упознавања способности деце, као и обуке и образовања које је блиско деци, уз примену геометријског моделирања.

4. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ ДЕЦЕ У САОБРАЋАЈУ

4.1. Значај цртања (геометријских објеката) за тестирање деце

Деца цртају оно што знају и виде, а цртеж је одраз њиховог знања о објекту, настао на основу унутрашњег модела који поседује кључне информације за дететов појам о објекту. Да би дете прецизно нацртало оно што види мора да има зрелу организацију визуелних и перцептивних путева и посебно добру контролу финих покрета руке и прстију. Кроз цртање дете развија моторичку способност и координацију руку, а то је у директној вези са развојем интелигенције и степеном зрелости (Trifunović et al., 2017a). Временом се развија просторни распоред, перспектива, дубина, удаљеност и све више детаља на цртежима код деце. Цртање омогућава да дете научи да размишља логички, има боље памћење, пажњу и повезан говор. Кроз цртање дете учи да разликује боје, нијансе, али и величине и број предмета. Оно што је значајно, учењем геометријских појмова подстиче се развој опажања код деце. Такве сложене координације знања и вештина треба да су у сагласности и са осталим менталним способностима, примерене узрасту деце. Осим непобитних развојних особности сензорних, моторних и когнитивних способности деце млађег школског узраста, бројне студије дају убедљиве податке према којима различите компоненте егзекутивних функција сазревају у различитим периодима, као и да постоје и велике индивидуалне разлике у времену достизања ступњева појединих операција на овом узрасту (Wassenberg et al., 2005; Diamond, 2013; Wu et al., 2017). Неопходност достизања минималног ступња наведених способности код деце, које се могу испитати цртањем геометријских појмова, кључни је чинилац самосталног безбедног учествовања у саобраћају. Осим наведених способности, које су потребне за самостално безбедно учествовање у саобраћају, деци су наведене способности неопходне и због едукације у овој области.

У зависности од области истраживања рада са децом, цртеж може послужити као облик дијагностике (кроз цртеж се процењују дететове способности, емоционалне и социјалне вештине итд.), као и облик тестирања (цртањем се може изразити нека траума, страх, породични проблеми итд.) у различитим областима, између осталих и о саобраћају. Неки

тестови интелигенције (нпр. Goodenough тест цртежа који се најчешће употребљава на млађој деци) базирају се на цртежу људске фигуре, чија процена посредно говори о интелектуалним способностима детета и развојном ступњу који дете досеже (Goma et al., 2011). На узрасту деце од 36 до 72 месеца старости, у сфери опажања и практичног мишљења, дете је способно да разврстава геометријске објекте по облику, или боји. У наведеном узрасту, код деце се јављају почеци логичког класификовања предмета комбиновањем два својства. У сфери симболичког мишљења, дете правилно користи и разуме речи изнад, испод, на врху, на дну; увиђа односе међу објектима и у стању је да то искаже речима; правилно користи изразе већи, мањи, краћи, дужи, дебљи, тањи, неколико, пуно; и уочава кључне карактеристике и разлике између неких категорија објеката и врста живих бића. Стварно фокусирање пажње на детаље, пре свега геометријских објекта, које дете жели да нацрта, код деце се јавља тек после узраста од 11 година (Clements and Sarama, 2011; California Preschool Curriculum Framework, 2011; Ligorio et al., 2017; Vinter et al., 2018).

Цртеж детета развија се кроз неколико фаза и сам процес савладавања цртања (графо-моторичке вештине) појединих објеката развија се по одређеном распореду. Осим тога, сам цртеж показује неке законитости у свом развоју, које се примећују код све деце. Деца узраста од 1 до 3 године старости најпре улазе у фазу када објекат који опазе покушавају да нацртају шарањем оловке по папиру. Деца шарањем по папиру остављају трагове за које не знају шта значе. Неретко деца, наведеног узраста, при цртању и не гледају папир и оловку, већ им је пажња усмерена на неке друге детаље, који су им у том тренутку занимљиви. Након таквог периода, деца почињу да схватају односе између покрета и трагова које оставља оловка. Дете почиње да контролише цртање и детаље које црта, мењањем покрета руку и понављањем одговарајућих линија, што код детета изазива велико задовољство. Деца најчешће при крају овог периода почињу да цртају геометријске елементе. Пре свих деца цртају кругове, а спајањем кругова и црта, деца стварају прве ликове и објекте. У узрасту између 3 и 6 година старости дете почиње да комбинује кружне линије са другим линијама и да представља људску и геометријске фигуре (прилично непрецизно). Нацртане људске фигуре имају изглед “пуноглавца”, круг из кога полазе две црте представљају ноге, док квадрат, круг и елипсу цртају веома слично. Деца са четири и пет година почињу да експериментишу и да на различите начине цртају људску фигуре и објекте верније. На дечијем цртежу, у овом периоду, најважније ствари деца на цртежу позиционирају у први план, док се остале ствари, које су по њима мање битне, налазе по ободу цртежа, или их уопште нема. Деца са пет или шест година старости цртају људску фигуру која има јасно диференцирану главу, тело, врат, ноге, руке и смештена је у одређеном простору, док квадрат, круг и елипса почињу да се разликују на дечијем цртежу. Код напредније деце могу се јавити детаљи попут одеће, прстију стопала, носа и трепавица, када цртају људску фигуру. Деца при крају овог периода постају свесна да постоји одређени однос између предмета које покушавају да нацртају и они их ређају и постављају на цртежу, као што их виде у простору. У узрасту између 6 и 10 године дечији цртежи обилују детаљима и сложеним пропорцијама. Деца желе да постигну што већу реалност у цртању предмета који их окружују и објекте престављају приближно онако како их виде. Цртање геометријских објеката, крајем овог периода, деца потпуно савладавају и покушавају објекте да нацртају у три димензије (коцку, лопту, пирамиду итд.). Деца која су зрелија (надарена деца) пролазе исте фазе развоја цртежа као и просечно интелигентна деца, међутим надарена деца много брже пролазе кроз све наведене фазе цртања и раније могу цртати сложеније задатке (Salome and Reeves, 1972; Gardner et al., 1975; Mitchelmore, 1978; Resnick et al., 2016; Ligorio et al., 2017).

Студија коју је спровео Appleyard (2017) имала је циљ да кроз графичко изражавање деце, кроз цртање, испита како се деца сналазе у саобраћају и колико су изложена ризику у саобраћају као пешаци. У експерименту су учествовала деца старости између 9 и 10 година. Деца су помоћу легенде коју су добила цртала путању којом се крећу од куће до школе, пратеће

објекте у окружењу и означавала места на путу где сматрају да је њихова безбедност угрожена. Резултати студије показују да су деца наведеног узраста зрела да се изразе користећи графичке симболе и да су деца цртежом исказала да се на путу од школе до куће не осећају безбедно (Appleyard, 2017). Аутори студије, која је спроведена 2017. године (Trifunović et al., 2017a), су на основу поменутих карактеристика дечијих цртежа, креирали експеримент који је имао циљ да одреди зрелост деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Експеримент се састојао у томе да су деца у ходницима, просторије у којој похађају школску наставу, постављене четири кутије истих облика и величина, а различитих боја. Деца су у оквиру експеримента обилазила кутије и имала задатак да запамте положај, боју и облик поменутих кутија. Задатак се састојао у томе да деца нацртају тачан положај и обоје четири кутије, на листу А4 формата на којем су већ нацртане границе ходника. На основу анализе дечијег цртежа, просторног положаја, облика, величине и боја кутија, аутори долазе до закључка да су деца старија од 8,5 година старости спремна да самостално безбедно учествују у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). Сличну старосну границу за самостално безбедно учествовање у саобраћају препоручују и многи други аутори у својим студијама (Hoffrage et al., 2003; Schwebel et al., 2012; Maskey, 2015). На основу наведених резултата и прегледа литературе, може се закључити да старосна граница деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, коју препоручују различити аутори, управо одговара старосној граници када дете потпуно овлада техникама графичког приказивања објеката у простору. Заправо, за безбедно учествовање у саобраћају потребне су развијене способности деце које су потребне и за тачно цртање дефинисаних геометријских објеката у простору (моторичке способности, опажање боје, простора, величине итд.).

4.2. Примена геометријског моделирања коришћењем нових технологија у тестирању и едукацији деце

За децу која данас одрастају, нове технологије представљају део свакодневног живота, а деца технологију прихватају као потпуно природно и незаобилазно средство. Сведоци смо да све већи број деце веома рано почиње са употребом рачунара и мобилних телефона, највише у сврхе играња „видео игрица“ (Ћићевић et al., 2017a; Ћићевић et al., 2017b; Trifunović et al., 2017b). Осим негативних последица, коришћење нових технологија доводи до извесних побољшања опажања боја, објеката, простора (Yee et al., 2012), што може имати значајну примену, између осталог, и у оспособљавању деце за учествовање у саобраћају, пошто су бројна истраживања показала да решавање тестова поспешује развој способности које се њима мере (Chung and Walsh 2006; Schmid et al. 2008; Crescenzi et al., 2014). Старо становиште, да деца морају достићи ступањ конкретних операција да би била спремна да користе рачунар је превазиђено (Clements & Nastasi, 1992). Истраживања показују да је са симулацијом апстрактног учења, размишљања и цртања потребно почети већ од треће године (Crescenzi et al., 2014; Ћићевић et al., 2017a; Lanna and Oro, 2019). Децу треба учити функционалном, односно употребном знању. Употреба рачунара у образовању, за децу млађег узраста, наглашава значај активног коришћења технологије, како при учењу цртања и писања, тако и у процесу доношења одлука, решавања проблема и илустровању идеја. Ангажовање у току учења директно је повезано са мотивацијом која се појачава када се класичне инструкције комбинују са употребом рачунара (Haugland, 1992). Бројне студије показују да код деце постоји интринзична мотивација за коришћење рачунара, што се огледа у чињеници да су много више фокусирани и проводе дуже времена уз рачунар, него у осталим активностима (Guthrie and Richardson, 1995; Talley et al., 1997; Chung and Walsh, 2006; Schmid et al., 2008). Многа деца, у данашње време, не могу да замисле свој живот без употребе таблет рачунара (Hadlington et al., 2019.). Деца која су обучавана користећи рачунаре, показују боље структурално и концептуално знање, невербалне, моторичке вештине, способности за решавање проблема, језичке вештине, дуготрајну меморију, координацију покрета (при цртању) и боље

интелектуалне способности, у поређењу са онима који нису користили технологију при учењу (Haugland, 1992; Clements and Samara, 2005; Swaminathan and Wright, 2003; Vernadakis et al., 2005; Lee et al., 2017a). Такође се побољшава опажање простора, боја, математичко размишљање, поспешује се креативност, постижу се бољи резултати на тестовима критичког размишљања, као и виши нивои степена мотивације (Nastasi and Clements, 1994; Papadakis et al., 2016). Тактилни начин комуникације, путем екрана осетљивог на додир, је најближи природном начину комуникације на који деца овог узраста истражују и комуницирају са околином. Највеће предности оваквог вида едукације остварују се када деца користе рачунар у паровима, или када у раду учествују одрасли. Тада развијају кооперативност комуникације и интеракцију са осталим члановима колектива, као и позитивне ставове према учењу (Ћићевић et al., 2014). Примена геометријског моделирања, која омогућава визуелизацију различитих садржаја које треба дете да разуме и научи, даје велики спектар могућности за унапређивање едукације деце у различитим областима. Стварање оваквог амбијента за учење и развој различитих способности деце, уз примену геометријског моделирања, представља велики потенцијал у области безбедности саобраћаја, у смислу едукације, тестирања и оспособљавања деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

Резултати истраживања које је спроведено у Барселони и Лондону (Lanna and Oro, 2019) показују да деца, већ од 13 месеци старости, прилагођавају своје гестове садржају који им се приказују на таблет рачунару. Деца од 2 године старости могу да употребљавају палете за цртање и бојење које им се приказују на таблет рачунарима. Дете наведеног узраста може прстима да манипулише екраном осетљивим на додир, покушавајући да црта поједине геометријске облике (Lanna and Oro, 2019). Међутим, ако дете користи оловку намењену за манипулацију екраном осетљивим на додир, прецизност и мотивација деце се смањује. Оловка за манипулацију екраном осетљивим на додир није прилагођена руци детета које је млађе од 10 година старости (Mann et al., 2015; Wu et al., 2018). Студија коју је спровела Sakr (2018), имала је циљ да испита разлике у цртању различитих геометријских облика на папиру и таблет рачунару. У експерименту је учествовало пет парова деце узраста од 5 до 6 година. Резултати су показали да деца имају бољи резултат када цртају на таблет рачунару, имају већу мотивацију и спремнији су за групни рад, за разлику од ситуација када исте задатке решавају на папиру (Sakr, 2018). Истраживање спроведено 2017. године (Ћићевић et al., 2017a), имало је циљ да испита разлике у препознавању 2Д и 3Д геометријских облика, који су испитаницима приказивани на таблет рачунарима и на папиру. У експерименту је учествовало 180 деце старости између 6 и 10 година. Резултати су показали да деца испољавају већу мотивацију и постижу боље резултате у решавању задатака када користе таблет рачунар (Ћићевић et al., 2017a). Када се анализира понашање деце у идентичним саобраћајним ситуацијама, на два начина, од којих је први понашање деце у реалним саобраћајним ситуацијама на полигону, а други понашање у симулираним саобраћајним ситуацијама, које су применом геометријског моделирања представљене на таблет рачунару, добијају се сасвим различити резултати. Резултати истраживања показали су да деца имају већи проценат тачних одговора, односно безбедног понашања, у саобраћајним ситуацијама које су деци приказиване на таблет рачунару, за разлику од саобраћајних ситуацијама које им се задају на саобраћајном полигону (Trifunović et al., 2018b). Слична студија, која је спроведена 2018. године (Trifunović et al., 2018v), имала је задатак да испита понашање деце на семафору и понашање деце при преласку улице, у саобраћајним ситуацијама које су им приказиване у виртуелној реалности на рачунару и у реалном окружењу, на саобраћајном полигону. У експерименту је учествовало 120 испитаника, од првог до четвртог разреда основне школе. Деца су показала већи проценат безбедног понашања у саобраћајним ситуацијама које су моделоване и приказане деци на рачунару (Trifunović et al., 2018v). Наведени резултати указују на различите могућности примене геометријског моделирања коришћењем нових технологија и могућности примене нових технологија у процесу обуке деце о безбедном понашању у саобраћају.

Са друге стране, употреба нових технологија у едукацији деце има и различита ограничења која би морала да се размотре пре примене за едукацију и тестирање деце. Студија коју је спровео Hiniker са сарадницима (2016) показала је да деца, која имају до 5 година старости, нису прилагођене апликације на мобилним телефонима и таблет рачунарима, а које су пре свега намењене за цртање различитих објеката (Hiniker et al., 2016). Истраживање спроведено 2017. године (Josić et al., 2017), имало је за циљ да испита разлике у препознавању геометријских облика код деце, који су приказивани (геометријска тела: лопта, коцка, купа) на рачунару и на папиру. У експерименту је учествовало 25 деце узраста између 7 и 8 година. Резултати су показали да деца имају више тачних одговора када опажају геометријска тела на папиру (Josić et al., 2017). Постоје студије које ограничавају употребу таблет рачунара у раду са децом узраста до 6 година (Galloway, 2008; House, 2012). Међутим, све студије долазе до заједничког закључка, да уколико се нове технологије користе при едукацији деце у ограниченом и контролисаном времену, применом адекватних садржаја, нове технологије могу унапредити процес едукације деце. Тестирање применом нових технологија показује несумњиве предности у односу на традиционални начин тестирања помоћу тестова који се решавају на папиру. У сваком случају, примена нових технологија уз примену геометријског моделирања поспешује ангажовање и креативност деце у свим областима и што је још важније, развија различите способности, припремајући их за успешно функционисање у друштву будућности, које се не може замислити без примене нових технологија.

4.3. Значај препознавања симбола на саобраћајним знаковима за безбедност деце у саобраћају

Саобраћајни знакови представљају основни начин комуникације између пута и његових корисника. Како се у саобраћају информације могу преносити текстуално и графички, може се рећи да је основна карактеристика саобраћајних знакова да представљају комбинацију графичких симбола и натписа. Различити графички симболи и натписи су укомпоновани у јединствен систем визуелних комуникација, чији је један од основних задатака да омогући корисницима безбедно кретање на мрежи путева и улица (Трковић et al., 2018). Специфичну групу учесника у саобраћају чине деца, која у млађем узрасту не знају да читају, а када науче да читају, натписи на саобраћајним знаковима им не привлаче пажњу. Као једино средство преношења поруке између пута и деце остаје комуникација помоћу графичких симбола на саобраћајним знаковима. Симболи на саобраћајним знаковима представљају графички обликоване објекте, или предмете, који треба ближе да објасне назначену поруку коју шаље саобраћајни знак.

Многе студије баве се израдом смерница и анализом симбола на знаковима у различитим областима, које су усмерене на безбедност деце. Моделирају се различите симболи и знакови: нпр. како би се спречиле повреде деце у кући (UK Consumer Safety Unit, 2002; Liu et al., 2015), повреде на покретним степеницама и у лифтовима (Liu and Wenwei, 2012); затим знакови који су усмерени на безбедност деце у железничком саобраћају (Jackson, 1983; Waterson et al., 2010; Waterson et al., 2012), као и специфични знакови обавештења на морским плажама (Brannstrom, 2015). Моделирање и проучавање саобраћајних знакова и симбола на њима, за децу, прилично је оскудно истраживано и анализирано, у области која је посвећена безбедности деце у друмском саобраћају, у времену у коме се страдање деце у друмском саобраћају свакодневно дешава. Такође, улажу се велики напори за смањење броја саобраћајних незгода у којима учествују деца. Студија коју су спровели Waterson и Monk (2014) имала је циљ да испита утицај симбола и других графичких елемената на децу, у различитим областима. У студији су учествовала деца узраста од 5 до 11 година, као и њихови родитељи и наставници. Деца су имала задатак да препознају различите знакове и симболе из области друмског и железничког саобраћаја, као и знакове који се односе на опште забране (струја, лекови итд.). Резултати студије показали су да деца на себи својствен начин разумеју

значење саобраћајних знакова, док су кроз цртеже, дали предлоге како би по њиховом мишљењу требали да изгледају ови знакови и симболи (Waterson and Monk, 2014). Истраживање, које је спровео Siu са сарадницима (2015), имало је задатак да испита разлике између полова, у коришћењу боја, којима деца цртају симболе на знаковима обавештења и опасности, који се односе на коришћење хране и технике. Резултати су показали да деца мушког пола, за симболе на знаковима опасности и обавештења, доминантно користе плаву и црну боју, док особе женског пола користе све боје које су имале на располагању (Siu et al., 2015). Студија истих аутора (2017), која је рађена по методологији описаној у претходном истраживању, показала је да деца опажају знакове опасности и обавештења потпуно другачије од одраслих особа и предлажу потпуно различит дизајн од дизајна предвиђеног стандардом (Siu et al., 2017). Експеримент који је спроведен 2017. године (Trifunović et al., 2017b), имао је циљ да испита колико деца познају значење саобраћајних знакова. У експерименту је учествовало 72 деце узраста од 7 до 9 година. Резултати су показали да деца имају мали проценат тачних одговора у тесту познавања саобраћајних знакова, при чему се најмањи проценат тачних одговора односи на саобраћајне знакове „забрана саобраћаја за пешаке и бициклисте“ (Trifunović et al., 2017b).

На основу резултата студија које су се бавиле значењем симбола на знаковима за децу, може се закључити да су све студије имале готово исти излазни резултат, а то је да деца схватају значење симбола на знаковима на различит начин од одраслих особа и са другачијим значењем од онога који је дефинисан стандардима и правилницима. Из наведеног, може се закључити, да би у друмском саобраћају требало детаљно анализирати како деца опажају значење саобраћајних знакова и по потреби саобраћајну сигнализацију прилагођавати деци, а не размишљање деце прилагођавати саобраћајној сигнализацији. На основу претходно изложеног следи да су предуслови за разумевање и пружање правих ефеката саобраћајне сигнализације за безбедно учествовање деце у саобраћају: деца треба лако да уоче саобраћајни знак, затим, да препознају значење симбола на саобраћајном знаку (значење саобраћајног знака) и да знају правилно (безбедно) да се понашају, у складу са порукама дефинисаним саобраћајним знаковима (Huseth-Zosel and Orr, 2015; Trifunović et al., 2017a).

4.4. Нови приступ примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају

Примена геометријског моделирања у многим струкама омогућила је решавање задатака који су до тада изгледали нерешиво и отворила је нове могућности унапређења у различитим областима. Управо специфичности, које су везане за унапређење безбедности деце у саобраћају, захтевају нове приступе у процесу едукације, тестирања деце, као и у подршци њиховој спремности да самостално и безбедно учествују у саобраћају.

Апликативни материјал, који се применом геометријског моделирања може приказивати деци, приближава област безбедности саобраћаја схватању деце, док се са друге стране, кроз игру и едукацију, деца тестирају за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Деци се кроз виртуелне садржаје, применом геометријског моделирања, могу приказивати различите симулиране саобраћајне ситуације и саобраћајни знакови, са којима се деца свакодневно сусрећу на путу од куће до школе. Геометријско моделирање омогућава приказивање различитих динамичких симулација деци, и тиме ствара могућност да се на једноставан начин истражи како деца реагују на различите брзине кретања возила, које се приказује деци у виртуелном окружењу. Када деца опажају поједине геометријске облике у простору, памте њихов просторни положај, облик, величину, боју и све то покушавају да „пренесу“ на папир, деца заправо користе психофизичке способности, које су им потребне за самостално безбедно учествовање у саобраћају (моторичке способности, опажање боје, простора, величине итд.). Нов приступ примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају обухвата све претходно наведене задатке који се реализују у

виртуелном окружењу, односно, на рачунару (симулиране саобраћајне ситуације, познавање саобраћајних знакова, процена брзине кретања возила и геометријски тест). Анализе резултата тестирања укључују испитивање социо-демографских разлика у способностима деце за учествовање у саобраћају, на основу чега се ствара основа за дефинисање скале спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Значај новог приступа примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају, огледа се у томе што је једноставан за практично извођење, специфично у школском амбијенту. Деца, кроз тестирање, развијају своје просторне, перцептивне и моторичке способности, чиме унапређују своје способности за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Наведени приступ омогућио би и коришћење геометријског моделирања за креирање индивидуализованих васпитно-образовних планова и интервенција при савладавању и усвајању безбедног понашања деце у саобраћају. Такође, примена геометријског моделирања у области безбедности деце у саобраћају, за разлику од до сада примењених концепата који проучавају феномен понашања деце у саобраћају, даје брже, јефтиније, свеобухватније и поузданије резултате, при чему деца радо прихватају учење кроз тестирање и игру.

5. ДЕФИНИСАЊЕ НАЧИНА СПРОВОЂЕЊА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ИСТРАЖИВАЊА

5.1. Учесници експеримента

У експерименту су учествовала деца школског узраста од 6,5 до 10,5 година старости (први разред - од 6,5 до 7,5 година старости; други разред - од 7,5 до 8,5 година старости; трећи разред - од 8,5 до 9,5 година старости; четврти разред - од 9,5 до 10,5 година старости). Избор школске установе у којој је спроведен експеримент вршен је по критеријуму да се обухвате испитаници наведених старосних група у руралном, односно, урбаном подручју.

Експериментално истраживање обухватило је 392 испитаника. Подједнак је број женских и мушких испитаника који су учествовали у експерименту. Просечна старост испитаника је 8 година и 10 месеци. Укупан узорак чини 51% испитаника из руралне средине и 49% испитаника из урбане средине. Од укупног узорка, 26,5% деце похађа први разред, 25,5% други, 23,5% трећи и 24,5% деце је у четвртном разреду основне школе.

Сви испитаници су добровољно учествовали у истраживању без икакве новчане надокнаде. Наведено истраживање је одобрила Етичка комисија школске установе, број протокола 903-1/17-01. Приликом вршења истраживања поштовани су сви етички кодекси, а испитаници нису наводили своје личне податке. Од испитаника су, поред резултата постигнутог на тестовима, искључиво узети само још демографски подаци о полу, години старости, разреду који тренутно похађа и телесној висини. У истраживању су учествовала и два испитаника (контролна група) која су учествовала као пешаци у саобраћајној незгоди. За спровођење експеримента било је ангажовано 14 волонтера који су помагали деци у објашњењу задатака или самом испитивању. Сваки од волонтера је имао припремни курс, у коме је био упознат са начином тестирања деце и увежбавао добијене задатке на контролној групи.

5.2. Дефинисање простора и времена истраживања

Предшколска установа која је репрезентовала урбано подручје је град Београд (1687132 становника, од тога 251508 деце између 0 и 14 година старости (Републички завод за статистику, 2019)), док је Општина Рача (10591 становника, од тога 1265 деце између 0 и 14

година старости (Републички завод за статистику, 2019)) са припадајућим школама представљала руралну средину. Истраживање у Београду вршено је у Основној школи „Карађорђе“ (Општина Вождовац – са 168242 становника, од тога 24040 деце између 0 и 14 година старости (Републички завод за статистику, 2019)) и у Основној школи „Светозар Милетић“ (Општина Земун – са 173460 становника, од тога 27396 деце између 0 и 14 година старости (Републички завод за статистику, 2019)). У руралном подручју испитивана су деца из Основне школе „Карађорђе“ у Рачи и оградима, по селима у наведеној Општини (Сараново, Миращевац, Трска, Сипић, Ђурђево, Вучић, Доња Рача, Мало Крчмаре, Борци).

Простор истраживања представљају просторије унутар школских установа, у којима деца редовно похађају школске активности. Унутар школских просторија, посебно за сврху експеримента, моделирана су окружења, која су служила за тестирање деце. Детаљан приказ изгледа окружења, у којима су деца тестирана, представљен је у поглављу 5.4. Битно је истаћи да простор, у коме је вршен експеримент, испитаници одлично познају.

Експериментална истраживања су спроведена од почетка априла, до друге половине јуна 2017. године. Експеримент је спроведен у преподневном периоду, радним данима, у свим школама, тако да време и дан спровођења експеримента не би требало да имају утицај на добијене резултате.

5.3. Дефинисање ограничења истраживања

Деца нису имала временских ограничења за давање одговора, осим теста за мерење времена реакције, где је задатак био да на одређен стимулус, који је представљен у виду геометријских модела на саобраћајним знаковима, реагују у што краћем времену. Старосне границе испитаника су у опсегу од 6,5 до 10,5 година. Испитање је извршено само на делу укупне популације деце из урбане и руралне средине, на територији Републике Србије.

5.4. Изглед окружења, процедура спровођења експеримента и начин оцењивања

У овом поглављу представљен је детаљан изглед окружења намењеног за тестирање деце, уз опис процедуре спровођења експеримента и начин вредновања добијених резултата. Експеримент се састоји из четири дела, који обухватају испитивање понашања деце у симулираним саобраћајним ситуацијама на полигону, познавање значења саобраћајних знакова, геометријски тест и процену брзине кретања возила. Деца су све тестове решавала у реалном (на полигону) и виртуелном (на рачунару) окружењу. Наведени тестови обухватају проверу понашања, знања и вештина, које су деци неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

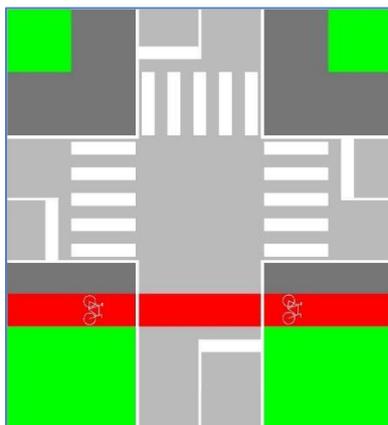
5.4.1. Моделирано саобраћајно окружење

За потребе овог истраживања моделиран је саобраћајни полигон на рачунару и у реалном окружењу. Креирана је четворокрака раскрсница, коју сачињава пресек две саобраћајнице под правим углом. Сваки крак у раскрсници садржи по једну коловозну траку, која се састоји од по једне саобраћајне траке, по смеру кретања возила. На три крака постоји означен пешачки прелаз. Направљен је тротоар са обе стране саобраћајнице, дуж три уливна правца у раскрсницу. Бицикличка стаза је направљена паралелно са једном од улица. На сваком краку постављена је неискривљена зауставна линија. Изглед полигона, у два наведена окружења, приказан је у тачкама 5.4.1.1. и 5.4.1.2.

5.4.1.1. Геометријски моделирано саобраћајно окружење на рачунару

- Опис експеримента

Саобраћајно окружење на рачунару креирано је у програмским пакетима Autodesk Meshmixer, AutoCAD 2018, Inkscape, док су поједине саобраћајне ситуације преузете са мобилне апликације „Пажљивко“ (АБС, 2017) и „Саобраћај пажњу“ (Савет за координацију послова безбедности саобраћаја на путевима – Нови Сад, 2017). Базични изглед геометријско моделираног саобраћајног окружења на рачунару приказан је на слици бр. 5.1.



Слика бр. 5.1 - Изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења на рачунару

- Процедура спровођења експеримента

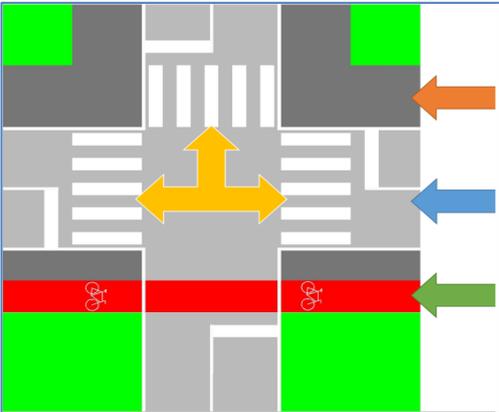
Непосредно пре почетка експеримента, испитивач је довео дете у посебну просторију, намењену за приказивање геометријски моделираних саобраћајних ситуација на рачунару. Испитивач је упознао дете са задацима тестирања, који су намењени за испитивање понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама. Дете је давало одговоре вербалним путем и/или директном интеракцијом са рачунаром - физички (у зависности од врсте задатка). Дете није имало временских ограничења за давање одговора.

Дијагонала рачунара на коме су приказиване геометријски моделиране саобраћајне ситуације износила је 14 in (35,56 cm). Располаже, сликом високог квалитета (Full HD IPS) и екраном осетљивим на додир.

- Прикупљање података

Пре почетка испитивања понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама деца су одговарала на питања везана за препознавање геометријско моделираног саобраћајног окружења (да ли препознају и знају коме су намењени следећи елементи: тротоар, коловоз, бицикличка стаза, пешачки прелаз (табела бр. 5.1)). Оваква питања имала су циљ да испитају како деца реагују на приказано саобраћајно окружење. Испитано је да ли саобраћајно окружење приказано на рачунару деци изгледа реално, једнозначно и да ли су сви саобраћајни елементи јасно приказани, да не доводе испитанике у забуну.

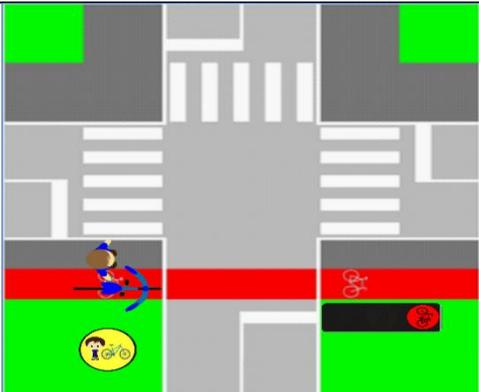
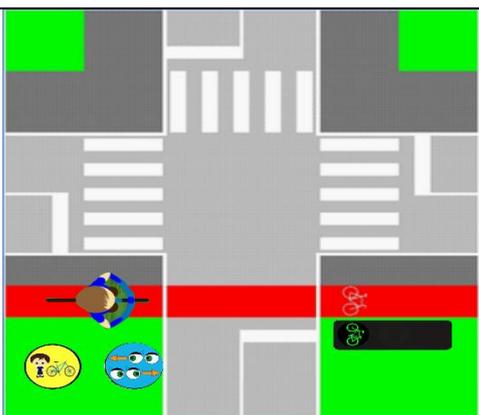
Табела бр. 5.1 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за препознавање саобраћајних елемената

<i>Питање</i>	<i>Изглед геометријски моделиране саобраћајне ситуације</i>	<i>Тачан одговор</i>
<p>Показати у геометријски моделованом саобраћајном окружењу: тротоар, коловоз, бицикличку стазу, пешачки прелаз и ко се од учесника у саобраћају креће наведеним површинама.</p>		<p>Физички показати наведене елементе и навести да су приказани делови намењени:</p> <p>тротоар- пешацима;</p> <p>коловоз-возилима;</p> <p>бицикличка стаза-бицикличким;</p> <p>пешачки прелаз-пешацима.</p>

У табели бр. 5.2 приказана су питања, изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација и опис тачних одговора за саобраћајне ситуације, које су намењене за испитивање понашања деце при преласку улице.

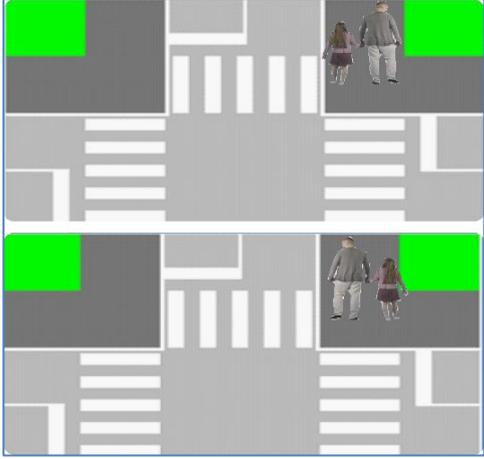
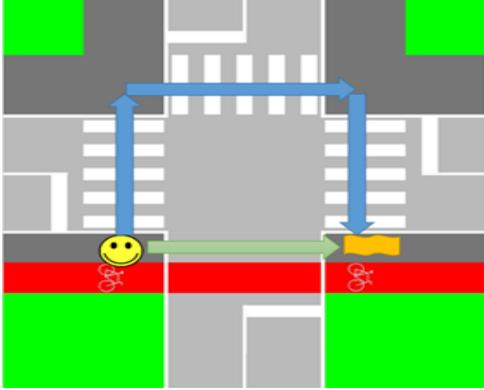
Табела бр. 5.2 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – прелажење улице

<i>Питање</i>	<i>Изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација</i>	<i>Тачан одговор</i>
<p>Понашање када је црвено светло на семафору за пешаке.</p>		<p>Дете стоји и не прелази улицу.</p>
<p>Понашање када је зелено светло на семафору за пешаке.</p>		<p>Дете погледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако пређе улицу.</p>

<p>Понашање када је црвено светло на семафору за бициклисте.</p>		<p>Дете стоји и не прелази улицу.</p>
<p>Понашање када је зелено светло на семафору за бициклисте.</p>		<p>Дете гледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако бициклом пређе улицу.</p>
<p>Понашање при прелажењу улице на пешачком прелазу – без семафора.</p>		<p>Дете стоји, погледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако пређе улицу.</p>
<p>Понашање при прелажењу улице - без пешачког прелаза и без семафора.</p>		<p>Очекује се да дете замоли старију особу да га преведе преко улице. Уколико је прегледно, дете се заустави, погледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако пређе улицу.</p>

Табела бр. 5.3 садржи питања, изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација и опис тачних одговора за саобраћајне ситуације које су намењене за испитивање понашања деце када се крећу у саобраћају.

Табела бр. 5.3 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – кретање у саобраћају

<i>Питање</i>	<i>Изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација</i>	<i>Тачан одговор</i>
Кретање улицом без тротоара.		Треба увек да се креће левом страном, односно супротним смером од смера кретања возила.
Кретање тротоаром са старијом особом.		Старија особа увек иде до улице.
Кретање од задате тачке А до задате тачке Б.		Очекује се да дете пронађе путању на којој се налазе обележени пешачки прелази (путања на слици означена плавом бојом).

У табели бр. 5.4 приказана су питања, изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација и опис тачних одговора за приказане две саобраћајне ситуације. Прва је намењена за испитивање понашања деце у саобраћајној ситуацији када детету лопта изненада оде на улицу, а друга за испитивање понашања деце када детету zazvoni мобилни телефон, непосредно пре преласка улице.

Табела бр. 5.4 - Текст питања, изглед геометријски моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за остале две саобраћајне ситуације

<i>Питање</i>	<i>Изглед геометријски моделираних саобраћајних ситуација</i>	<i>Тачан одговор</i>
<p>Понашање када лопта оде на улицу.</p>		<p>Очекује се да дете замоли старију особу да му донесе лопту, никако да дете истрчава за лоптом.</p>
<p>Понашање када зазвони мобилни телефон непосредно пре преласка улице.</p>		<p>Очекује се да дете искључи тон или мобилни телефон и одложи мобилни. Након тога очекује се да оно пронађе обележени пешачки прелаз, стане, погледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако пређе улицу.</p>

Сви добијени резултати у експерименту су бележени непосредно на терену, евидентирањем одговора у папирној и/или дигиталној форми.

- *Оцењивање*

Деца су случајним редоследом радила тест прво на рачунару, или прво на полигону, како би се избегао утицај учења. За сваки тачан одговор, деци је додељен један поен, док нетачан одговор не доноси поене.

5.4.1.2. Моделирано саобраћајно окружење на полигону

- *Опис експеримента*

Моделирано саобраћајно окружење – полигон, креиран је за потребе овог истраживања на платну у боји. Дужина полигона износила је 4,3 m, док је ширина 4 m. Изглед геометријско моделираног саобраћајног полигона приказан је на слици бр. 5.2.



Слика бр. 5.2 - Изглед геометријско моделираног саобраћајног полигона

- Процедура спровођења експеримента

Полигон се налазио у посебно издвојеној просторији, у оквиру школе, коју испитаници редовно похађају. Испитивач је показао детету полигон и упознао га са задатком. Циљ овог дела задатка је да се испита понашање и знања деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону. Детету је била задата одређена ситуација у саобраћају и од њега је било захтевано да покаже како би се у таквој ситуацији понашало, у реалном саобраћајном окружењу. Осим понашања, дете је требало и да образложи вербалним путем како треба и зашто треба на такав начин да се понаша, у приказаним саобраћајним ситуацијама. Дете није имало временских ограничења за решавање овог задатка.

- Прикупљање података и оцењивање

Када је дете ушло у просторију где се налази моделирано саобраћајно окружење – полигон, имало је задатак да препозна саобраћајно окружење, односно испитивач је морао да се увери да дете препознаје и зна коме су намењени следећи елементи: тротоар, коловоз, бицикличка стаза, пешачки прелаз). Наведена питања имала су циљ да се провери да ли је геометријски моделирано саобраћајно окружење - полигон, једнозначно и јасно приказан, да не доводи испитанике у забуну. У табели бр. 5.5 приказано је питање, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора.

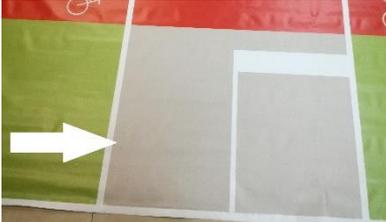
Табела бр. 5.5 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за препознавање саобраћајних елемената на полигону

<i>Питање</i>	<i>Изглед моделираног саобраћајног окружења</i>	<i>Тачан одговор</i>
<p>Показати на полигону: тротоар, коловоз, бицикличку стазу, пешачки прелаз и казати коме су намењене наведене површине.</p>		<p>Очекује се да дете дође до сваког наведеног елемента и да наведе да су приказани делови намењени:</p> <ul style="list-style-type: none"> тротоар- пешацима; коловоз-возилима; бицикличка стаза-бициклистима; пешачки прелаз-пешацима.

У табели бр. 5.6 приказана су питања, изглед моделираних саобраћајних ситуација на полигону и опис тачних одговора за саобраћајне ситуације које су намењене за испитивање понашања деце при преласку улице на саобраћајном полигону.

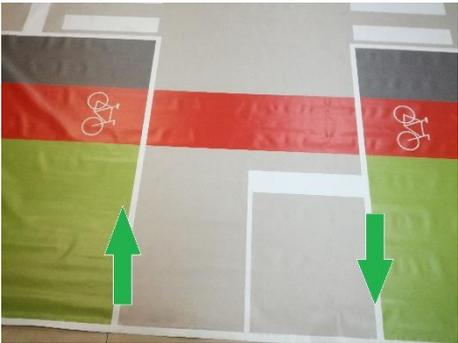
Табела бр. 5.6 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – прелажење улице на полигону

<i>Питање</i>	<i>Изглед моделираног саобраћајног окружења</i>	<i>Тачан одговор</i>
<p>Понашање када је црвено светло на семафору за пешаке.</p>		<p>Дете стоји и не сме да прелази улицу.</p>
<p>Понашање када је зелено светло на семафору за пешаке.</p>		<p>Дете стоји, гледа лево, десно, лево, и када се уверило да нема возила, полако прелази улицу.</p>

<p>Понашање када је црвено светло на семафору за бициклисте.</p>		<p>Дете стоји и не сме да прелази улицу бициклом.</p>
<p>Понашање када је зелено светло на семафору за бициклисте.</p>		<p>Дете стоји, гледа лево, десно, лево, и када се уверило да нема возила, полако бициклом прећи улицу.</p>
<p>Понашање при прелажењу улице на пешачком прелазу – без семафора.</p>		<p>Дете стоји, гледа лево, десно, лево, и када се уверило да нема возила, полако прелази улицу.</p>
<p>Понашање при прелажењу улице - без пешачког прелаза и без семафора.</p>		<p>Очекује се да дете замоли старију особу да га преведе преко улице. Уколико је прегледно, дете се заустави, погледа лево, десно, лево, увери се да нема возила и полако пређе улицу.</p>

Табела бр. 5.7 садржи питања, изглед моделираних саобраћајних ситуација на полигону и опис тачних одговора за саобраћајне ситуације које су намењене за испитивање понашања деце, када се крећу у саобраћају.

Табела бр. 5.7 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења и опис тачног одговора за саобраћајне ситуације – кретање у саобраћају на полигону

<i>Питање</i>	<i>Изглед моделираног саобраћајног окружења</i>	<i>Тачан одговор</i>
Кретање улицом без тротоара.		Дете треба да се креће увек левом страном, односно супротним смером од смера кретања возила.
Кретање тротоаром са старијом особом.		Очекује се да старија особа, односно испитивач, увек иде до улице.
Кретање од задате тачке А до задате тачке Б.		Дете треба да осмотри и пронађе путању на којој се налазе обележени пешачки прелази, како би безбедно дошло до тачке Б.

У табели бр. 5.8 приказана су питања, изглед моделираних саобраћајних ситуација на полигону и опис тачних одговора за саобраћајне ситуације, које су намењене за испитивање понашања деце, у ситуацији када деца лопта оде на улицу и у ситуацији када деца зазвони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице.

Табела бр. 5.8 - Текст питања, изглед моделираног саобраћајног окружења на полигону и опис тачног одговора за остале саобраћајне ситуације

Питање	Изглед моделираног саобраћајног окружења	Тачан одговор
<p>Понашање када лопта оде на улицу.</p>		<p>Очекује се да дете замоли старију особу, односно испитивача, да му донесе лопту.</p>
<p>Понашање када зазвони мобилни телефон непосредно пре преласка улице.</p>		<p>Дете треба да искључити тон или мобилни телефон, и да одложи мобилни (нпр. у џеп). Након тога треба да нађе пешачки прелаз. Дете треба да стане, гледа лево, десно, лево, и када се уверило да нема возила, полако пређе улицу.</p>

Сви добијени резултати у експерименту бележени су непосредно на терену, евидентирањем одговора у папирној и/или дигиталној форми.

- Оцењивање

Деца су случајним редоследом радила тест прво на рачунару или на полигону, како би се избегао утицај учења. За свако комплетно тачно и безбедно понашање деци је додељен један поен, док нетачан одговор, односно небезбедно понашање, не доноси поене.

5.4.2. Вертикална саобраћајна сигнализација

Експериментално истраживање приказано у овој докторској дисертацији имало је за циљ, између осталог, да испита познавање и опажање вертикалне саобраћајне сигнализације. За потребе овог истраживања издвојено је укупно 11 саобраћајних знакова са којима се деца свакодневно сусрећу, најчешће на путу од куће до школе. Саобраћајни знакови припадају групи „Знакова изричитих наредби“ (табела бр. 5.9) и групи „Знакова обавештења“ (Правилник о саобраћајној сигнализацији, 2017) (табела бр. 5.10) (Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a; Trifunović et al., 2019b).

Табела бр. 5.9 - Саобраћајни знакови изричитих наредби који су коришћени у истраживању

Назив и шифра саобраћајног знака	Опис значења	Изглед
Забрана саобраћаја за бицикле (II-14)	Означава пут, односно део пута на коме је забрањен саобраћај за бицикле.	
Забрана саобраћаја за пешаке (II-17)	Означава пут, односно део пута на коме је забрањен саобраћај за пешаке.	
Стаза резервисана за бициклисте и пешаке (II-41.1)	Знак који означава пут по коме се одвојено крећу бициклисти и пешаци, свако у својој стази.	

Табела бр. 5.10 - Саобраћајни знакови обавештења који су коришћени у истраживању

Назив и шифра саобраћајног знака	Опис значења	Изглед
Прелаз бицикличке стазе преко коловоза (III-5)	Означава место на коме се налази прелаз бицикличке стазе.	
Пешачки прелаз (III-6)	Означава место на коме се налази пешачки прелаз.	
Аутобуско стајалиште (III-49)	Означава место аутобуског стајалишта	
Подземни или надземни пешачки пролаз (III-8)	Означава место на коме се налази подземни, односно надземни пешачки пролаз.	
Близина школе (III-11)	Означава место у чијој се близини налази школа и где се може налазити пешачки прелаз који деца често користе.	
Завршетак пешачке стазе (III-20)	Означава место на путу одакле престаје да важи одговарајућа обавеза.	
Зона успореног саобраћаја (III-29)	Означава место од којег почиње зона успореног саобраћаја.	
Излаз у случају опасности (III-88.1)	Означава излаз за пешаке у случају опасности.	

5.4.2.1. Геометријски моделирана вертикална саобраћајна сигнализација на рачунару

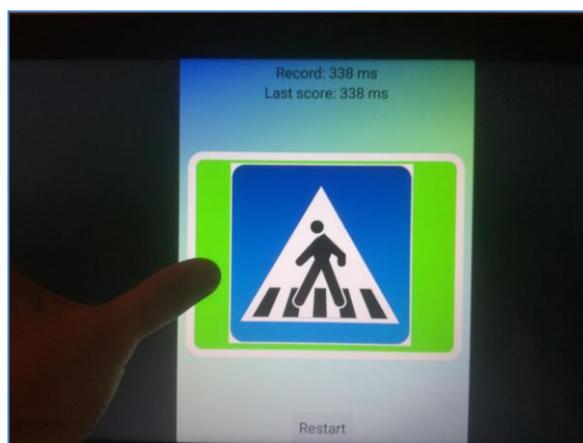
- Опис експеримента

Одабрани саобраћајни знакови, који су коришћени у истраживању, представљени су у векторском формату, у дигиталној форми, а припремљени су у програмском пакету Inkscare. Саобраћајни знакови деци су презентовани на рачунару, помоћи програма Power point, намењеног за прављење и приказивање презентација. Као последњи корак у овом задатку, деци је мерено време реакције. Задатак се састојао у томе да је испитаницима приказиван саобраћајни знак на рачунару, а њихов задатак је био, када саобраћајни знак са позадином затрепери, да испитаник у што краћем времену додирне екран.

- Процедура спровођења експеримента

Процедура спровођења овог дела експеримента састоји се у томе да испитивач доводи дете до издвојене просторије у којој се налази рачунар. Испитивач дете упознаје са задатком, у коме се тражи да дете препозна који је саобраћајни знак приказан на рачунару и да објасни како се треба понашати када се наиђе на приказани саобраћајни знак.

Након провере познавања саобраћајних знакова, дете је имало задатак да у најкраћем могућем року руком дотакне екран који је осетљив на додир, у тренутку када приказани саобраћајни знак затрепери (слика бр. 5.3). Пре почетка мерења времена реакције, деца су имала обавезу да пар пута пробају тест. Мерено је време реакције за три покушаја (Trifunović et al., 2019б).



Слика бр. 5.3 - Изглед радног окружења за тест време реакције

- Прикупљање података и оцењивање

Деца су одговоре давала вербалним путем, а одговоре је испитивач бележио у папирној форми. За сваки тачан одговор на постављено питање, о значењу и безбедном понашању за приказани саобраћајни знак, деци је додељен један поен, док нетачан одговор не доноси поене. Сва деца су имала случајан редослед приказивања саобраћајних знакова. Деца су случајним избором радила прво тест на рачунару, односно на полигону, како би се избегао, а са друге стране и анализирао, утицај учења. За мерење резултата времена реакције, уписивано је време реакције на папиру, у милисекундима.

5.4.2.2. Моделирана вертикална саобраћајна сигнализација на полигону

- Опис експеримента

За потребе овог истраживања направљени су одабрани саобраћајни знакови од дрвених носача и самолепљиве фолије, на којој су, у боји, одштампани изгледи саобраћајних знакова. Димензије саобраћајних знакова у основи су износиле: за троугао 60 cm, за квадрат и правоугаоник по 40 cm, док је пречник круга износио 40 cm. Висина доње ивице саобраћајног знака износила је 220 cm. Стуб носач саобраћајног знака, био је подесив по висини, па је доња ивица саобраћајног знака могла да се помера на висине од 160 cm и 190 cm (Trifunović et al., 2019б). Такође, направљени су и семафори за пешаке, бициклисте и возаче. Окретањем семафора, мењале су се ознаке за црвено и зелено светло, за пешаке и возила, као и за бициклисте и возила (слика бр. 5.4).

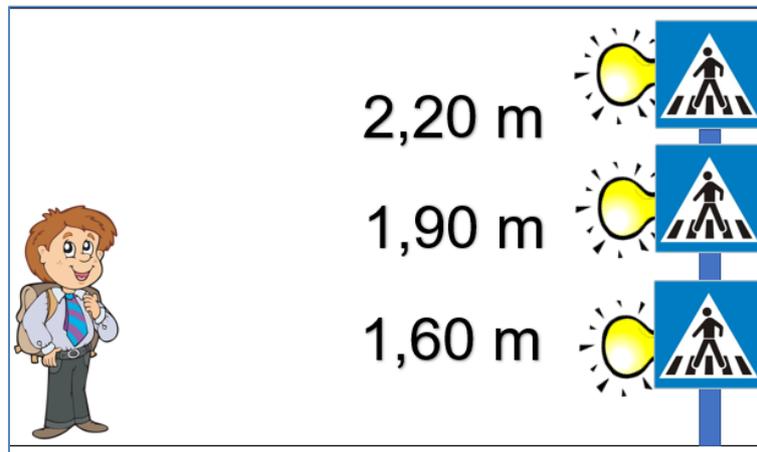


Слика бр. 5.4 - Изглед појединих саобраћајних знакова коришћених у експерименту

- Процедура спровођења експеримента

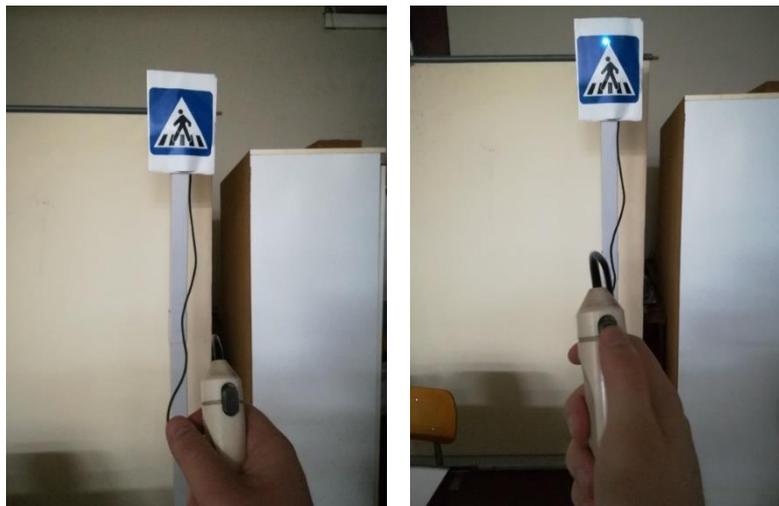
Испитивач доводи дете до издвојене просторије, у којој се налази саобраћајни знакови, који су постављени на саобраћајном полигону, и пита дете да му одговори какво је значење приказаног саобраћајног знака. Након добијања одговора, испитивач задаје саобраћајну ситуацију, на конкретном примеру за посматрани саобраћајни знак, на полигону. Циљ оваквог задатка је да се испита теоријско знање деце о познавању саобраћајних знакова, као и њихово понашање у задатој саобраћајној ситуацији.

Након тестирања деце, кроз све планиране саобраћајне ситуације, дете се доводи до издвојеног носача саобраћајног знака, који на себи има три саобраћајна знака, на висинама од 220 cm, 190 cm и 160 cm, а у средини сваког од њих налази се црвена лампица реакциометра (погледати шематски приказ на слици бр. 5.5) (Trifunović et al., 2019б).



Слика бр. 5.5 - Шематски приказ постављања саобраћајних знакова на различите висине са стимулусом

Дете је на удаљености од 3 m, у десној руци имало тастер, који треба да притисне палцем када се упали стимулус на саобраћајном знаку (слика бр. 5.6). Пре званичног теста деца су имала обавезу да пар пута пробају тест времена реакције. За сваку од три висине саобраћајног знака, регистрована су по три времена реакције деце.



Слика бр. 5.6 - Мерење времена реакције на светлосни стимулус, постављен на саобраћајни знак

- Прикупљање података и оцењивање

Када је детету постављено питање о значењу саобраћајног знака, који се налази испред њега, дете је прво одговарало вербалним путем. Након добијања дететовог одговора, испитивач је задао детету саобраћајну ситуацију, у којој оно треба да се понаша у складу са значењем саобраћајног знака. Сваки комплетно урађен задатак, носио је један поен, што је значило да се дете потпуно безбедно понашало у саобраћају. Одговори су бележени у папирној форми. Сва деца су имала случајан редослед приказиваних саобраћајних знакова. Деца су случајним редоследом радила тест на рачунару, или на полигону, како би се избегао утицај учења. За мерење резултата времена реакције, уписивано је време реакције у милисекундима, по три пута за сваку од различитих висина саобраћајног знака.

5.4.3. Геометријски тест (опажање простора, боја и цртање геометријских облика)

Геометријски тест спроводи се помоћу кутија, које су се налазиле у просторијама образовних установа у којима су деца, која су учествовала у експерименту, редовно похађала школску наставу. У зависности од образовне установе, у којој је вршен експеримент, разликовао се и облик просторије у којој се реализовао експеримент. Облици основа просторија свих образовних установа, у којима се реализовао експеримент, могу се поделити у три врсте: квадратни, крстасти и Т-облик (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a).

- *Опис кутија које су коришћене у експерименту*

За наведени тест коришћене су четири, по облику идентичне кутије, висине 25 cm, дужине 36 cm и ширине 26 cm. Кутије су обавијене фолијом различитих боја:

Кутија 1: Обавијена жутом, папирном фолијом (слика бр. 5.7);



Слика бр. 5.7 – Изглед жуте кутије коришћене у експерименту

Кутија 2: Обавијена плавом, папирном фолијом (слика бр. 5.8);



Слика бр. 5.8 – Изглед плаве кутије коришћене у експерименту

Кутија 3: Обавијена црвеном, папирном фолијом (слика бр. 5.9);



Слика 5.9 – Изглед црвене кутије коришћене у експерименту

Кутија 4: Обавијена зеленом, папирном фолијом (слика бр. 5.10).



Слика бр. 5.10 – Изглед зелене кутије коришћене у експерименту



Слика бр. 5.11 – Изглед све четири кутије коришћене у експерименту

Слика бр. 5.11 приказује све четири кутије које су коришћене у експерименту и на њој се може уочити да је материјал који је коришћен за обавијање, исти за све кутије. Избор боја кутија је вршен на основу боја, које се доминантно користе у саобраћајној сигнализацији. Светлосни сигнали на семафору садрже црвену боју, за обавештавање пешака да је забрањено прелазити улицу, док се зелена боја користи као обавештење пешацима да је прелажење улице дозвољено када је упаљено сигнално поље зелене боје. Већи број знакова опасности и изричитих наредби оивичени су такође црвеном бојом (нпр. знак "забрана саобраћаја за пешаке" (II-17), који означава пут, односно део пута на коме је забрањен саобраћај за пешаке, слика бр. 5.12) (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a).



Слика бр. 5.12 - Знак "забрана саобраћаја за пешаке" (II-17)

Саобраћајни знак обавештења „Означен пешачки прелаз“ (знак "означени пешачки прелаз" (III-6), који означава место на коме се налази обележени пешачки прелаз, слика бр. 5.13) у својој основи садржи плаву боју, као и поједини знакови изричитих наредби (нпр. знак "пешачка стаза" (II-41), који означава посебно изграђену стазу којом се пешаци морају кретати, а по којој је забрањено кретање другим учесницима у саобраћају (слика бр. 5.14.) и знак (II-41.1) "спојене стазе за бициклисте и пешаке" који означава пут по коме се одвојено крећу само бициклисти и пешаци, у својим стазама) (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a).



Слика бр. 5.13 - Знак "Означен пешачки прелаз"



Слика бр. 5.14 - Знак "Пешачка стаза"

Жута, као најсветлија и највидљивија боја, која се налази на семафору за аутомобиле и бициклисте, као и на појединим елементима хоризонталне саобраћајне сигнализације, представља четврту боју којом је обојена кутија. Графички симбол бицикла изводи се као црни симбол, у црвеном и жутом светлу, односно, као зелени симбол, на црној подлози (слика бр.

5.15) (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Правилник о саобраћајној сигнализацији, 2017; Trifunović et al., 2017a).



Слика бр. 5.15 - Семафори за регулисање кретања бицикала (VIII-8)

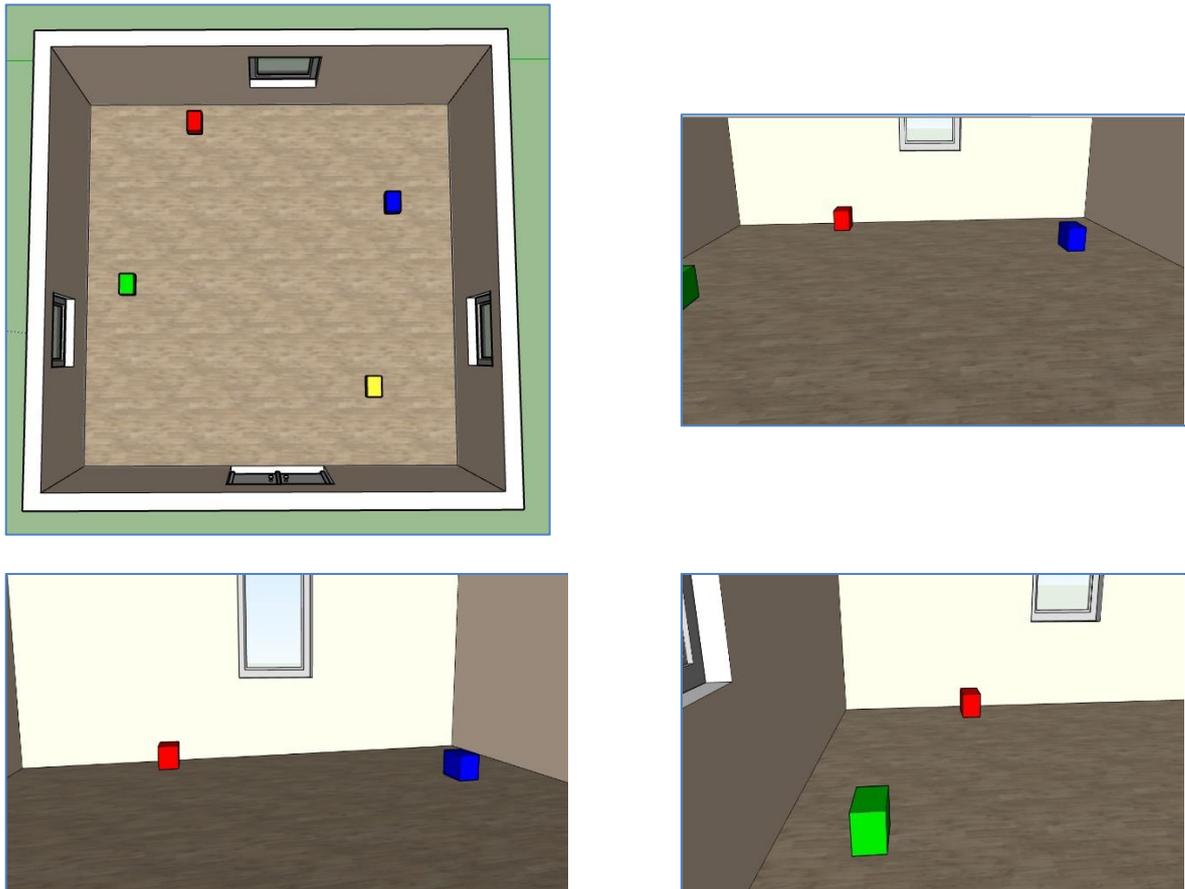
Боје кутија, које су изабране, представљају четири основне боје. Наведене саобраћајне знакове, деца школског и предшколског узраста би требала да опазе и да знају описно значење истих, као и да се безбедно понашају, у складу са поруком коју шаље одређени саобраћајни знак (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a).

Око друге године деца почињу да разликују четири основне боје (црвену, жуту, зелену и плаву). Од четврте године повезује боје са именом, док у петој години, поред основних боја знају и неке прелазне тонове. Од пете године живота деца разликују и осветљеност боје. Велики значај за уочавање боја има веза између боје и облика предмета (Gibson, 2002). Истраживања су показала да постоје боје које више изазивају пажњу посматрача. Помоћу специјалних апарата, за мерење дужине трајања погледа и пажње, обављена су тестирања и показало се да је пажња ка бојама заступљена на следећи начин: наранџаста 21,4%, црвена – 17%, плава – 13,4%, црна - 13%, зелена - 12,6%, жута - 12%, сива - 7%, љубичаста - 5,5% (Чолић, 2011). Наведене констатације оправдавају избор боја четири кутије које су коришћене у експерименту (Trifunović, 2015; Trifunović, 2016; Trifunović et al., 2017a).

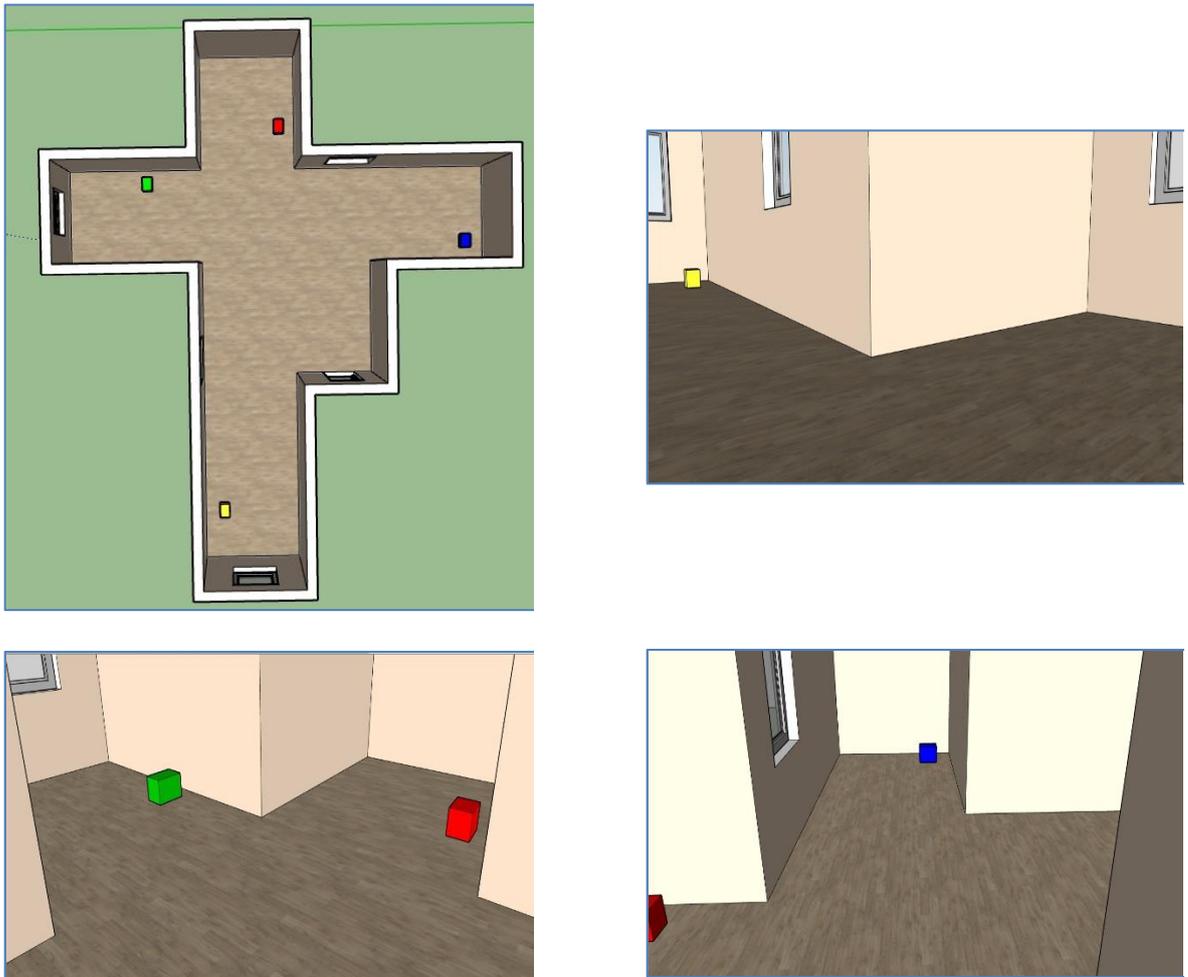
5.4.3.1. Геометријски тест у виртуелном простору – на рачунару

- Опис експеримента

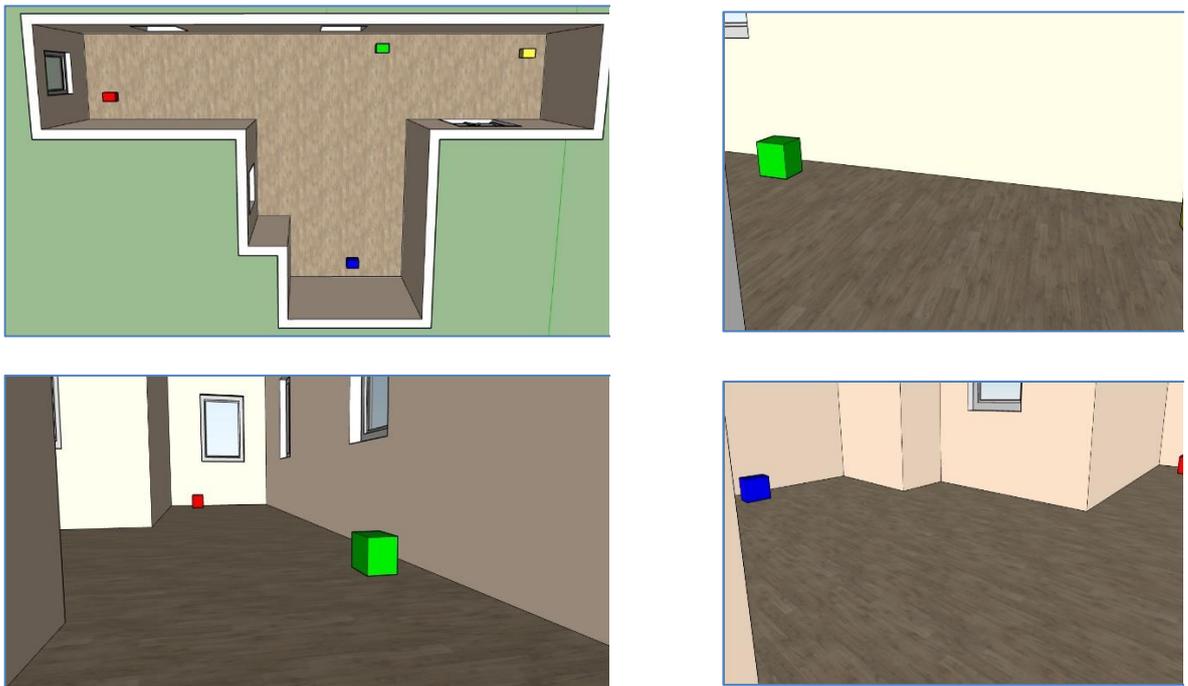
Просторије школа у којима је вршен експеримент, геометријски су моделоване помоћу програма 3DS max. Четири кутије, које су коришћене у експерименту, представљене су у виртуелном окружењу, на рачунару. Кутије су распоређене у виртуелне простору зграде, у којој испитаници похађају наставу. На сликама бр. 5.16; бр. 5.17; бр. 5.18 приказани су положаји кутија у виртуелним просторијама током извођења експеримента.



Слика бр. 5.16 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 1



Слика бр. 5.17 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 2

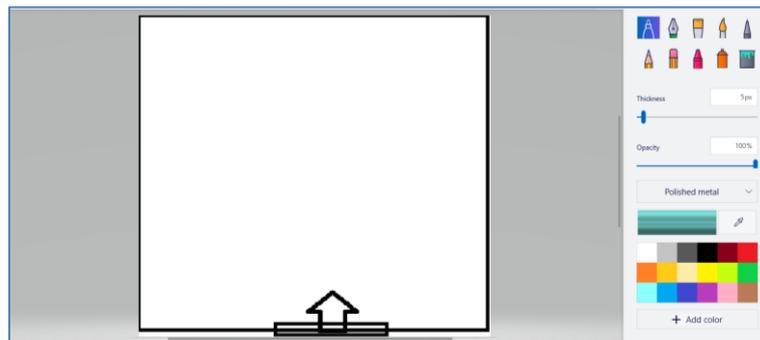


Слика бр. 5.18 – Положај кутија постављених у виртуелној просторији 3

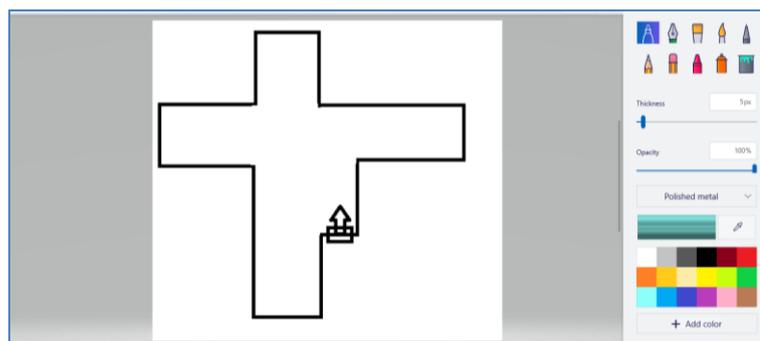
- Процедура спровођења експеримента

Испитивач је вербалним путем објаснио детету које учествује у експерименту, да ће у виртуелном простору, на рачунару, бити приказане четири кутије различитих боја и да се од испитаника очекује да запамти положај, боју, облик и величину сваке од кутија. Испитивач је управљао кретањем по виртуелном објекту од једно до друге кутије. Испитаник је посматрао положај и боју кутије и давао повратне информације испитивачу када да настави са кретањем. Није било временских ограничења колико ће дуго слика кутија у виртуелној просторији бити приказана деци. Испитанику је саопштено да када буде био спреман, односно када се буде уверио да је запамтио тражене детаље о кутијама, добити задатак да на рачунару, користећи оловку и екран осетљив на додир, покуша да нацрта кутије (положај, облик и величину) и да обоји кутије одговарајућим бојама.

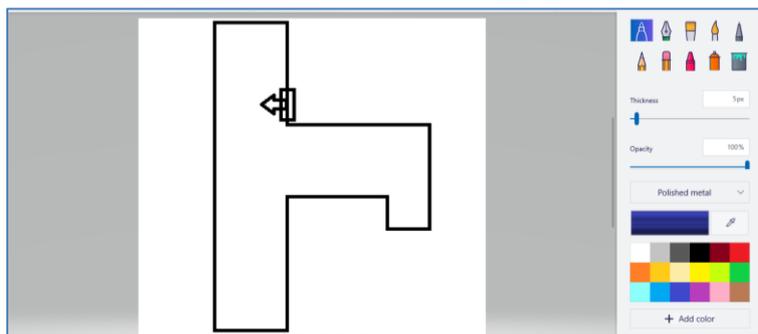
У првом делу, задатак испитанику је био да на рачунару, на коме су јасно уцртане границе ходника, у којима су биле кутије, уцрта просторни положај четири кутије (у току провере испитивач није помагао испитанику, нити му је говорио о броју кутија) (слике бр. 5.19; бр. 5.20; бр. 5.21). Границе ходника биле су представљене на екрану рачунара, а димензије представљеног задатка одговарале су димензијама формата папира А4 (297 mm×210 mm).



Слика бр. 5.19 – План школе 1 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије

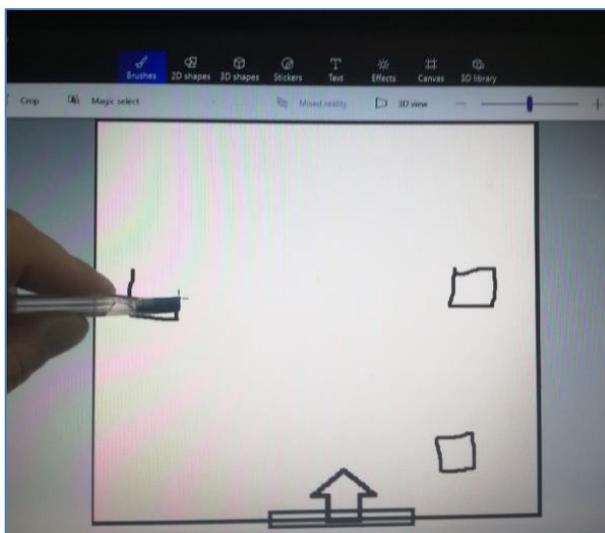


Слика бр. 5.20 – План школе 2 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије



Слика бр. 5.21 – План школе 3 на рачунару за уцртавање положаја четири кутије

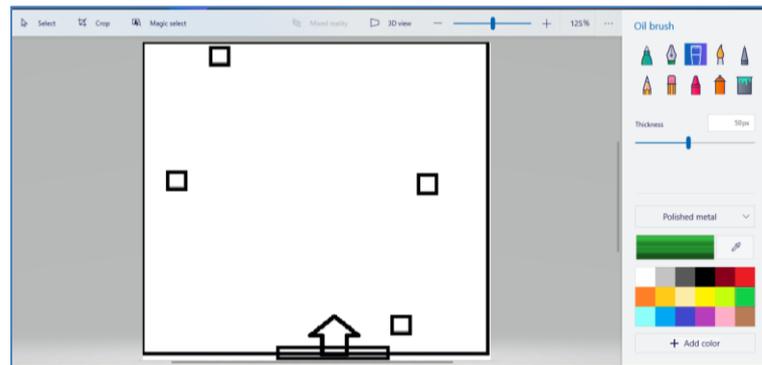
На рачунару, положај кутија испитаник је уцртавао оловком за писање на рачунару (слика бр. 5.22). По завршетку цртања (испитаник није био лимитиран временом за које треба да заврши задатак) испитивач је у дигиталној форми сачувао цртеж.



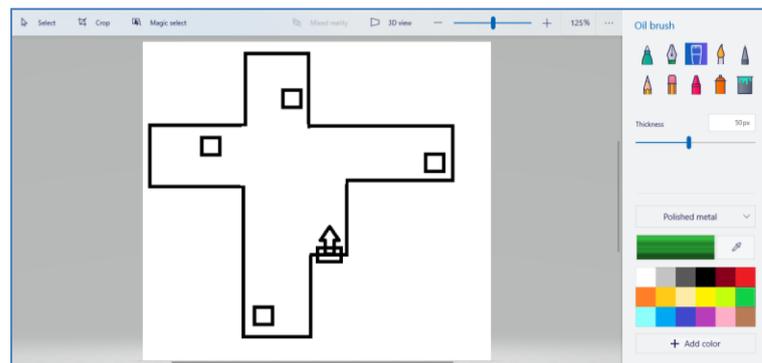
Слика бр. 5.22 – Уцртавање положаја кутије помоћу оловке за писање по екрану осетљивом на додир

У другом делу задатка испитаник је, на рачунару, поред граница ходника, имао уцртан и положај све четири кутије. Задатак постављен испитанику био је да обоји кутије различитим бојама, на основу меморисане одговарајуће позиције кутије у простору.

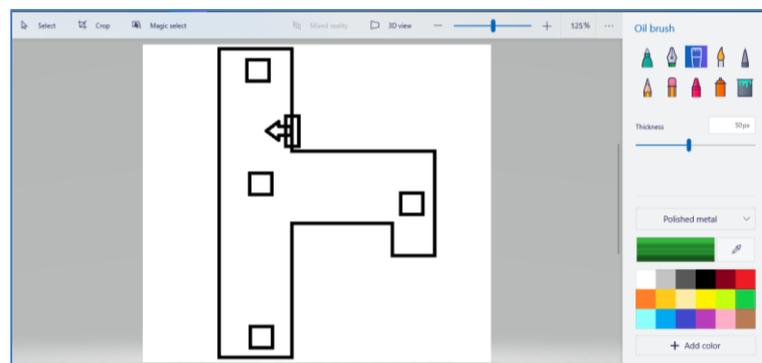
Бојење је вршено, такође, помоћу „оловке“ за рад на рачунару, а избор боја вршен је из палете боја (испитанику је сугерисано да користи само црвену, зелену, плаву и жуту боју) (слике бр. 5.23; бр. 5.24; бр. 5.25). Редослед бојења кутија и коришћење бојица није био дефинисан, већ су испитаници имали слободу да боје кутије редоследом који пожелеле. Време за обављање овог задатка није било ограничено. По обављању задатка, испитаник је завршио учешће у овом делу експеримента.



Слика бр. 5.23 – Геометријски модел просторије 1 и положај кутија у простору



Слика бр. 5.24 – Геометријски модел просторије 2 и положај кутија у простору



Слика бр. 5.25 – Геометријски модел просторије 3 и положај кутија у простору

- Прикупљање података и оцењивање

При одабиру елемената који се оцењују и начина оцењивања, акценат је стављен на квантитативну анализу података, док су скале, за елементе који морају да се оцене субјективним путем, направљене тако да се грешке и разлике између постигнутих резултата сведу на минимум. Начин оцењивања сваког елемента задатка приказан је у наставку рада.

Задатак 1: Уцртавање положаја кутија

У поглављу „Уцртавање положаја кутија“ дат је детаљан опис начина оцењивања, у делу задатка када је испитанику задато да нацрта положај кутија у простору, на рачунару, помоћу оловке за цртање на рачунару.

Оцена 1 - Број нацртаних кутија

Први параметар за анализу нацртаних кутија јесте број нацртаних кутија на цртежу. Оцене одговарају броју кутија на цртежу (без обзира на положај, облик и величину кутије), тако да за нацртану:

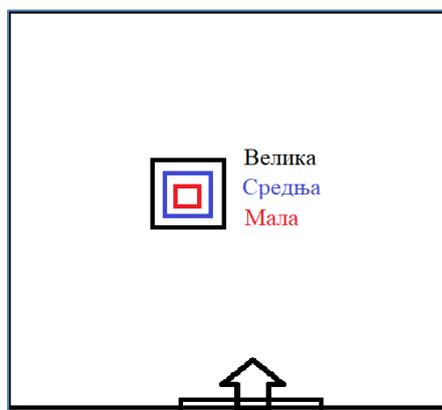
- једну кутију, одговара оцена 1 (један),
- две кутије, одговара оцена 2 (два),
- три кутије, одговара оцена 3 (три),
- четири кутије, одговара оцена 4 (четири).

Оцена 2 - Облик кутија

Други параметар оцењује облика нацртаних кутија. За четири кутије нацртане приближно правоугаоног облика, додељена је оцена 4 (4 бода). Уколико на цртежу постоји више облика, један „бод“ се добије за сваки нацртани правоугаоник (4 бода максимално, односно, оцена 4), а потом се накнадно анализира (класификује) број различитих облика на једном цртежу. На пример, ако је испитаник нацртао два правоугаоника, један круг и једну елипсу, добиће оцену 2 (два бода). Класификовањем облика „кутија“ на цртежу, добиће се да је кандидат употребио три различите фигуре у представљању задатих кутија. Посебно се врши анализа облика линија којима се цртају кутије, односно да ли испитаник црта кутију правим или кривим линијама.

Оцена 3 – Величина нацртане кутије

Анализирана је и величина нацртаних кутија. Свака нацртана кутија добија описну оцену: мала, средња или велика. Нацртани квадрати који симболизују кутије, уколико имају страницу око 2 cm ($\pm 0,5$ cm) спадају у категорију средње нацртане кутије. Квадрати странице око 1 cm (+ 0,5 cm) и мањи, спадају у категорију мале кутије, док квадрати странице око 2,5 cm (- 0,5 cm) и већи, спадају у категорију велике кутије. На слици бр. 5.26 приказан је пример три величине нацртаних кутија.



Слика бр. 5.26 - Пример три величине на рачунару нацртаних кутија

Оцена 4 – Цртање кутија у три димензије

Посебна анализа додатка цртежу се односи на покушај кандидата да кутију нацрта у три димензије. Бележи се број кутија које су испитаници покушали да нацртају у три димензије.

Оцена 5 - Украшавање кутија

За наведену анализу посматрају се додаци цртежу, односно елементи које је дете додало при цртању кутија (машнице, повези, различити украсни симболи и сл.), једноставним раздвајањем да ли постоје додаци, или нема додатних елемената на цртежу.

Оцена 6 - Оцена положаја нацртаних кутија

Последњу оцену, за први део задатка, чини одређивање тачног положаја кутије у простору. За сваку кутију оцењује се одступање од тачног положаја у простору, оценама на скали од 1 (један) до 10 (десет), где за нацртан потпуно тачан просторни положај кутије (одступање на папиру мање од 1 cm) следује оцена 10 (десет), док је оцена 0 (нула) намењена великом просторном одступању нацртане кутије од стварног положаја у простору (кутија је нацртана на удаљењу више од 10 cm од стварног положаја), односно свака оцена је сразмерна одступању исказаном у броју cm. Наведене оцене су „грубе“, а да би се, што је могуће реалније оценили испитаници, коришћени су и децимални бројеви који одговарају растојању исказаном у броју mm (нпр. измерено растојање нацртане кутије од стварног положаја кутије износи 1,5 cm, оцена износи 8,5 – слика бр. 5.27).



Слика бр. 5.27 - Пример оцењивања положаја нацртане кутије

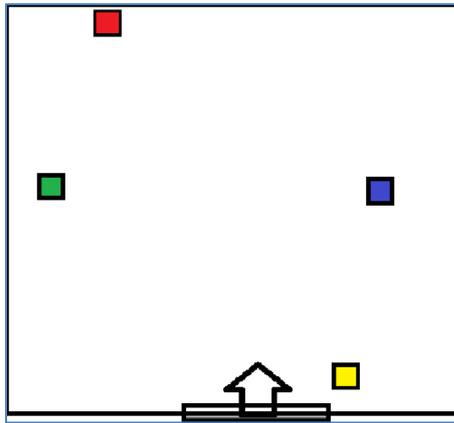
Задатак 2: Бојење кутија

Поглавље „Бојење кутија на рачунару“ садржи детаљан опис начина оцењивања задатка, у другом делу теста, када је задатак испитанику био да обоји, одговарајућом бојом, четири нацртане кутије.

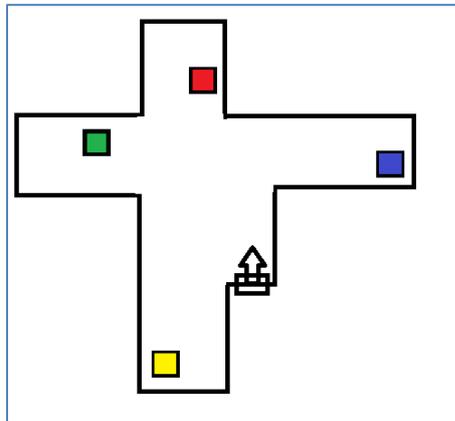
Оцена 1 - Боје кутија

Први параметар за анализу бојења већ нацртаних кутија, јесте да се за сваки положај кутије анализира коју је боју испитаник употребио (нпр. кутија која је плаве боје, испитаник је обојио црвеном бојом, следи да је резултат за унос: плава – црвена боја). Разлог овакве анализе оправдава се излазним резултатом оваквог уноса, јер као излазни податак добија се која боја се којом највише „меша“, односно којом бојом испитаници најчешће замењују тачну

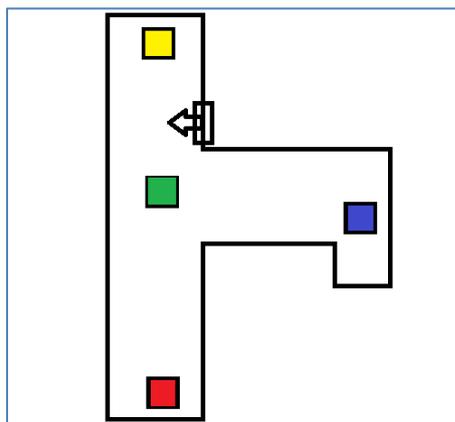
боју кутије, при евентуалном прављењу грешака. На сликама бр. 5.28; бр. 5.29; бр. 5.30 приказани су тачни положаји и одговарајућа боја сваке кутије у различитим просторијама.



Слика бр. 5.28 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 1



Слика бр. 5.29 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 2



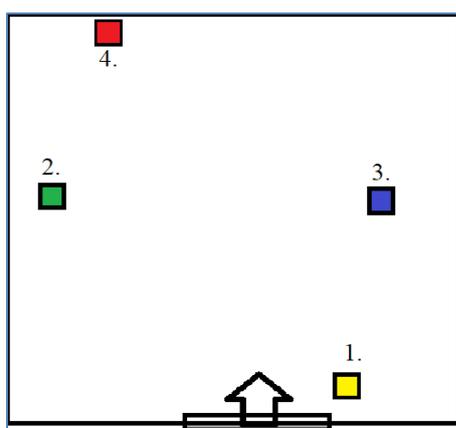
Слика бр. 5.30 - Приказ тачног положаја и одговарајућа боја сваке кутије нацртане на рачунару, у просторији 3

Оцена 2 - Редослед боја кутија

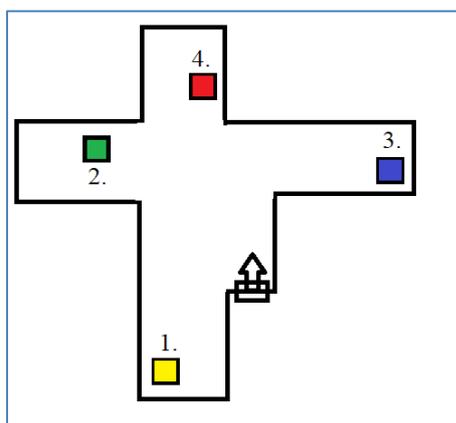
Друга анализа надовезује се на претходну, такође узимајући у обзир боју кутије, али по критеријуму редоследа кутија, које су испитанику приказиване у виртуелној реалности на рачунару, почевши од стартне позиције. Сви објекти су имали сличан положај постављених кутија у простору и исти редослед обилажења кутија. Наиме, сваки испитаник, у сваком од виртуелних објеката, имао је следећи редослед обилажења кутија:

1. - жута кутија,
2. – зелена кутија,
3. – плава кутија,
4. – црвена кутија.

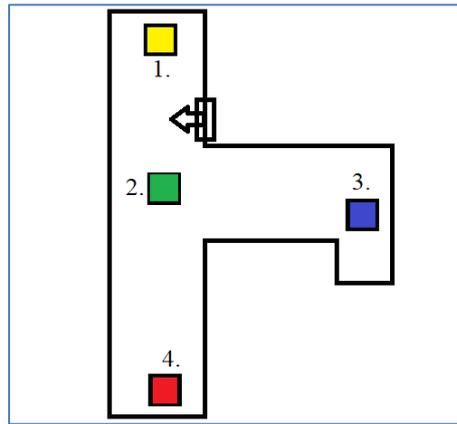
На следећим сликама приказан је редослед кутија, по коме су испитаницима, гледано од почетног положаја, приказиване кутије (слике бр. 5.31; бр. 5.32; бр. 5.33).



Слика бр. 5.31 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 1



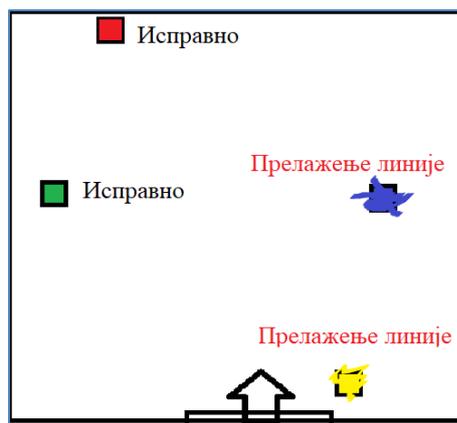
Слика бр. 5.32 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 2



Слика бр. 5.33 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 3

Оцена 3 - Прелажење линија при бојењу

Наредни анализирани критеријум односи се на прелажење линија при бојењу кутија. За сваку кутију анализира се да ли постоји или не постоји траг боје преко линије која приказује границу кутије, на рачунару. На слици бр. 5.34 приказан је пример две исправно обојене кутије и две кутије на којима је боја прешла границу која означава ивице кутије.



Слика 5.34 - Пример (не)исправно обојених кутија

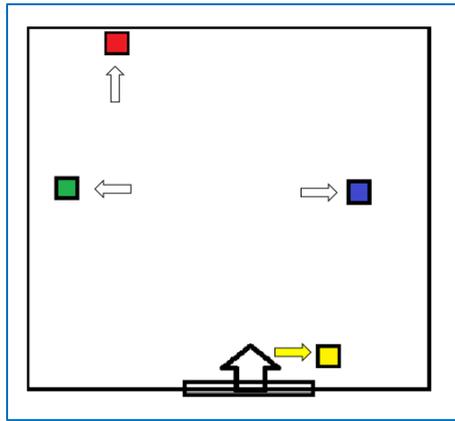
Оцена 4 - Релације лево, десно, испред

Последњи анализирани параметар односи се на оцењивање релација: лево, десно, испред. Анализира се број и положај кутија које су испитанику биле у видном пољу, приликом разгледања положаја кутија, у виртуелној реалности. Оцењује се тачан одговор за кутију која је испитанику била, у датом тренутку, циљ посматрања. У наставку рада приказани су примери оцењивања релација лево, десно, испред, за три врсте облика просторија, по корацима.

На сликама од бр. 5.35. до бр. 5.46, необојене стрелице показују које кутије су у видном пољу испитаника, затим, обојена стрелица приказује циљну кутију, док стрелица, таласасто/осенчено црвене боје, приказује тренутни (међу)положај испитаника у виртуелној просторији.

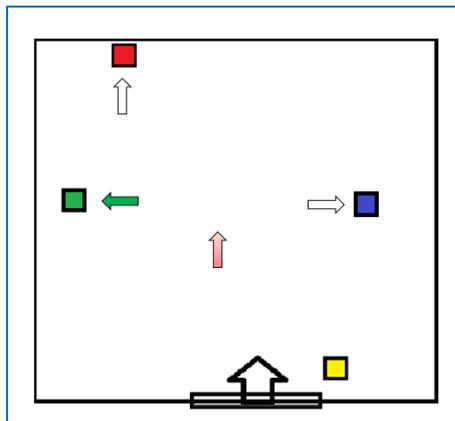
Положаји при кретању испитаника у виртуелној просторији и положај кутија које су у његовом видном пољу, у међуположајима (објекат 1):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види све кутије са десне и леве стране, као и испред, а циљна кутија је десна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.35);



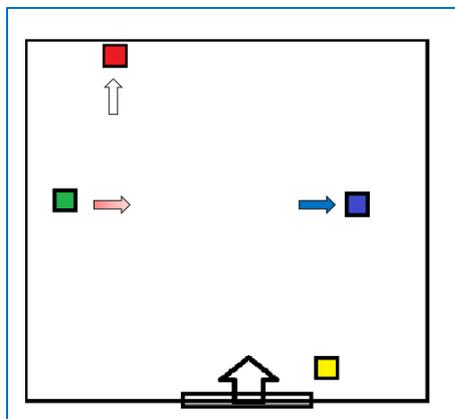
Слика бр. 5.35 – Почетни положај испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види три кутије, лево, десно и испред себе, а циљна кутија је кутија са леве стране испитаника (зелене боје) (слика бр. 5.36);



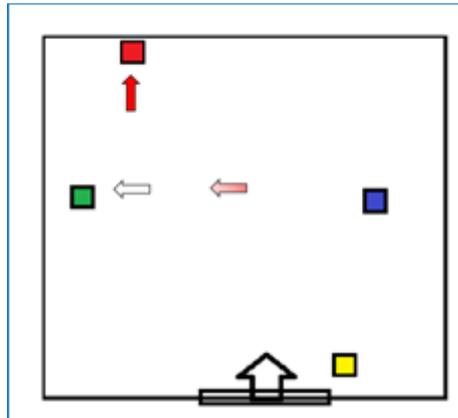
Слика бр. 5.36 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник у међуположају види кутије са његове леве и десне стране, као и кутију испред, која је заправо циљна кутија (плаве боје) (слика бр. 5.37);



Слика бр. 5.37 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

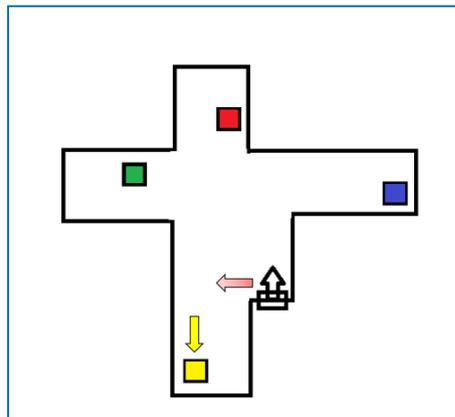
Корак 4. Испитаник у међуположају види кутију испред себе и кутију са десне стране, која представља и циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.38).



Слика бр. 5.38 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

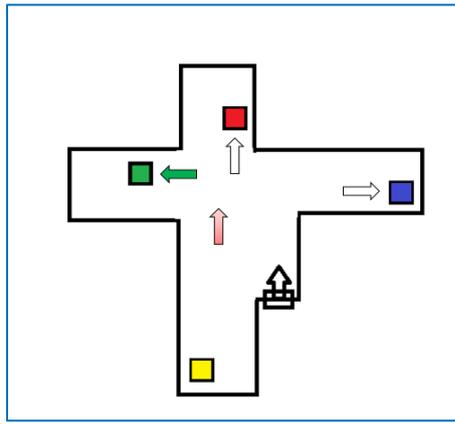
Положаји при кретању испитаника у виртуелном простору и положај кутија које су у његовом видном пољу, у међуположајима (2):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види само кутију са леве стране, која је и циљна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.39);



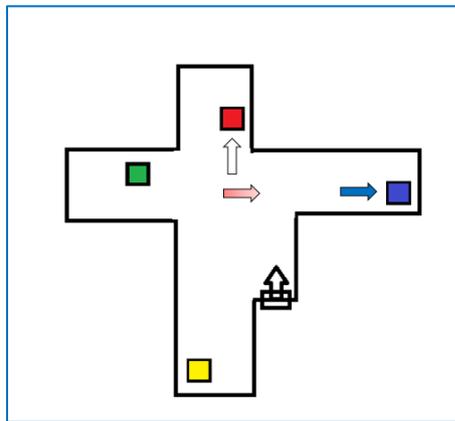
Слика бр. 5.39 – Почетни положај испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види три кутије, лево, десно и испред себе, а циљна кутија је кутија са леве стране испитаника (зелене боје) (слика бр. 5.40);



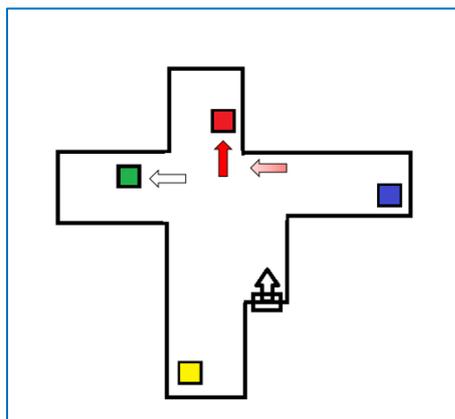
Слика бр. 5.40 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник, у међуположају, види кутију са његове леве стране, као и кутију испред, која је заправо циљна кутија (плаве боје) (слика бр. 5.41);



Слика бр. 5.41 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

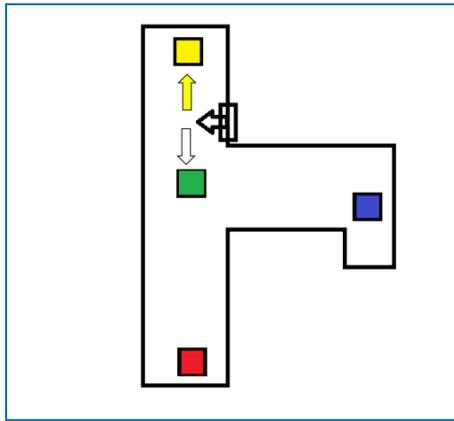
Корак 4. Испитаник, у међуположају, види кутију испред себе и кутију са десне стране, која представља и циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.42).



Слика бр. 5.42 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

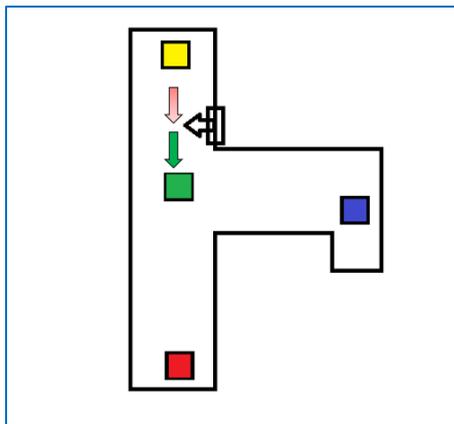
Положаји при кретању испитаника у виртуелној просторији и положај кутија које су у његовом видном пољу, у међуположајима (објекат 3):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види кутије са десне и леве стране, а циљна кутија је десна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.43);



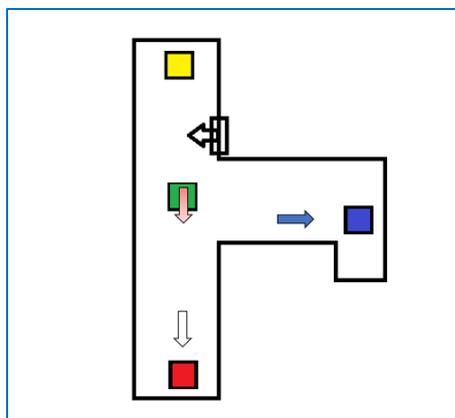
Слика бр. 5.43 – Приказ почетног положаја испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види кутију испред себе, која је уједно и циљна кутија (зелене боје) (слика бр. 5.44);



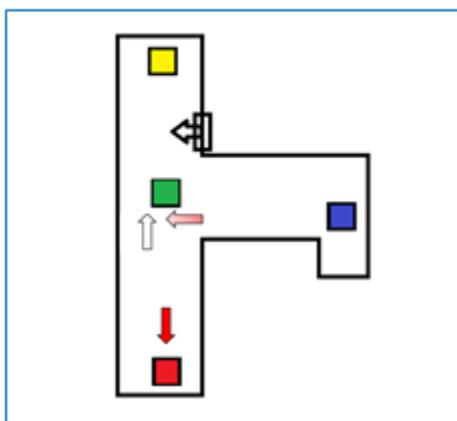
Слика бр. 5.44 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник, у међуположају, види кутију испред и кутију са његове леве стране, која представља и циљну кутију (плаве боје) (слика бр. 5.45);



Слика бр. 5.45 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 4. Испитаник, у међуположају, види кутију са његове десне, као и са његове леве стране, која представља и циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.46).



Слика бр. 5.46 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

5.4.3.2. Геометријски тест у реалном простору

- Опис експеримента

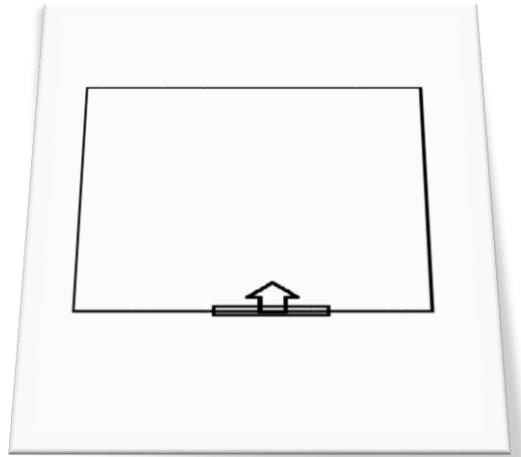
Делови наведеног нацрта експеримента публиковани су у многим радовима аутора дисертације (Trifunović, 2015; Trifunović et al., 2016; Trifunović et al., 2017a; Trifunović et al., 2019в). Пре извођења експеримента, четири кутије распоређене су на четири различите позиције, у згради образовне установе, у којој испитаници редовно похађају наставу. Кутије су поређане у ходнику зграде, који испитаници свакодневно користе при доласку, односно одласку из школе и у току самог боравка у образовној установи (одлазе до кухиње, тоалета, дечијих ормара за личне ствари, итд.). На слици бр. 5.47 приказан је положај кутија током извођења експеримента у образовним установама у Општини Рача и Београд.



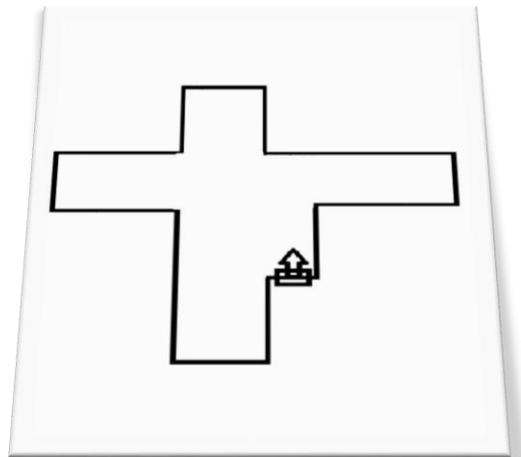
Слика бр. 5.47 – Положај кутија постављених у образовним установама у Рачи (слика лево) и Београду (слика десно) (Trifunović et al., 2017a)

- Процедура спровођења експеримента

Испитивач је вербалним путем објаснио детету које учествује у експерименту, да се у ходнику налазе четири кутије различитих боја и да се од испитаника очекује да приликом обиласка постављених кутија запамти положај, боју, облик и величину сваке од кутија. Испитанику је саопштено да ће, по завршетку обиласка свих кутија у ходнику, отићи у посебну просторију, у којој ће добити папир, на коме ће покушати да нацрта кутије (положај, облик и



Слика бр. 5.49 – План вртића за уцртавање положаја четири кутије (2)



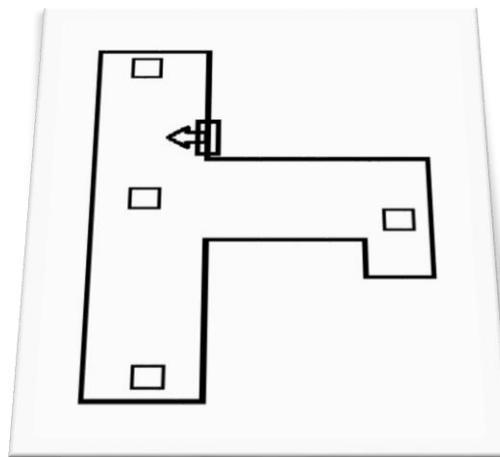
Слика бр. 5.50 – План вртића за уцртавање положаја четири кутије (3)

Положај кутија испитаник је уцртавао графитном оловком или бојицом, коју је могао да бира (искључиво једне боје) (слика бр. 5.51). По завршетку цртања (испитаник није био лимитиран временом за које треба да заврши задатак) испитивач би узео папир и склонио га, тако да испитаник није могао да гледа први део, при изради другог дела задатка.

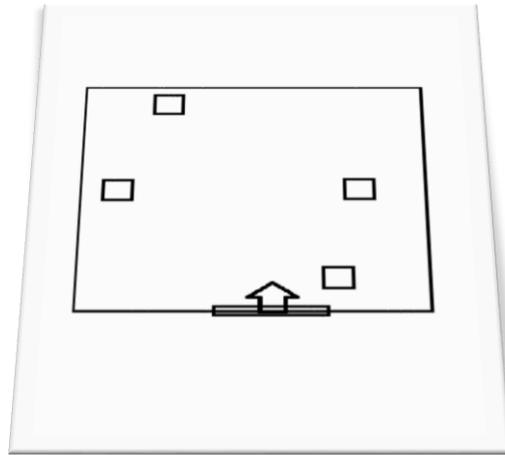


Слика бр. 5.51 – Испитаник уцртава положај кутија

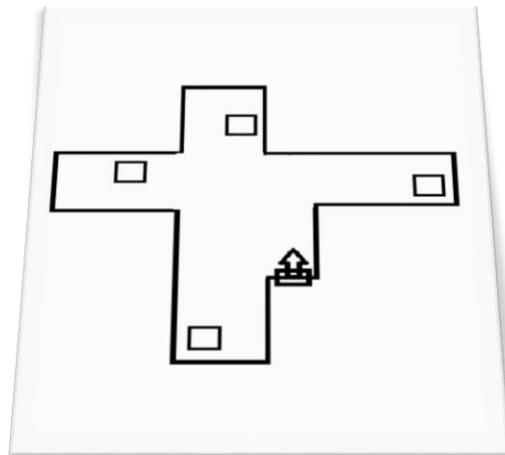
На почетку другог дела задатка испитаник добија лист папира формата А4 (слике бр. 5.52; бр. 5.53; бр. 5.54), у коме је поред граница ходника, уцртан и положај све четири кутије. Други део задатка испитаника је био да обоји кутије различитим бојама, на основу одговарајуће позиције кутије у простору. Кутије су представљене у квадратном облику, симболички, из разлога да кандидатова евентуална грешка, у првом раду, не утиче на његово емотивно стање, при изради наредног задатка. У зависности од облика просторије, у којој је вршен експеримент, положај кутија у простору се разликовао. Разлог овакве поставке експеримента је добијање резултата који би показали како опажају простор, у зависности од облика просторије. У експерименту су коришћене просторије правоугаоног, крстастог и Т-облика.



Слика бр. 5.52 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (1)



Слика бр. 5.53 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (2)



Слика бр. 5.54 – Геометријски модел просторије и приказ кутија у простору (3)

Испитаник је на располагању имао четири дрвене бојице црвене, зелене, плаве и жуте боје, којима је требао да обоји нацртане кутије (слика бр. 5.55). Редослед бојења кутија и коришћење бојица није био дефинисан, већ су испитаници имали слободу да боје кутије редоследом по сопственом избору. Време за обављање овог задатка није било ограничено. По обављању задатка, испитаник је завршио учешће у овом делу експеримента.



Слика бр. 5.55 – Испитаник боји нацртане кутије

- Прикупљање података и оцењивање

При одабиру елемената који се оцењују и начина оцењивања, акценат је стављен на квантитативну анализу података, док су скале оцена за поједине елементе, који би требали да се оцене субјективним путем, направљене тако да се грешке и разлике између постигнутих резултата сведу на минимум. Начин оцењивања сваког елемента задатка приказан је у наставку рада.

Задатак 1: Уцртавање положаја кутија

У поглављу „Уцртавање положаја кутија“ дат је детаљан опис начина оцењивања у делу задатка када је испитанику задато да прикаже положај кутија у простору, цртањем на папиру.

Оцена 1 - Број нацртаних кутија

Први параметар за анализу нацртаних кутија јесте број нацртаних кутија на цртежу. Оцене су рангиране по броју кутија на цртежу (без обзира на положај, облик и величину кутије), тако да за нацртану:

- једну кутију, одговара оцена 1 (један),
- две кутије, одговара оцена 2 (два),
- три кутије, одговара оцена 3 (три),
- четири кутије, одговара оцена 4 (четири).

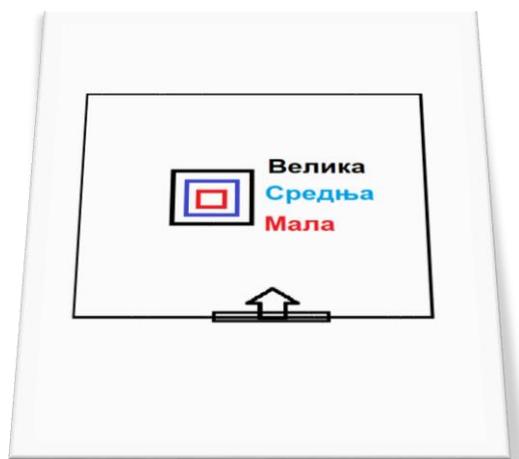
Оцена 2 - Облик кутија

Други параметар оцењује облика нацртаних кутија. За четири кутије нацртане приближно правоугаоног облика, додељена је оцена 4 (4 бода). Уколико на цртежу постоји више облика, један „бод“ се добије за сваки нацртани правоугаоник (4 бода максимално, односно, оцена 4), а потом се накнадно анализира (класификује) број различитих облика на једном цртежу. На пример, ако је испитаник нацртао три правоугаоника и једну елипсу, добиће оцену 3 (три бода). Класификовањем облика „кутија“ на цртежу, добиће се да је кандидат употребио три различите фигуре у представљању задатих кутија. Посебно се врши анализа облика линија којима се цртају кутије, односно да ли испитаник црта кутију правим или кривим линијама.

Оцена 3 – Величина нацртане кутије

Анализирана је и величина нацртаних кутија на папиру. Свака нацртана кутија добија описну оцену: мала, средња или велика. Нацртани квадрати који симболизују кутије, уколико

имају страницу око 2 cm ($\pm 0,5$ cm) спадају у категорију средње нацртане кутије. Квадрати странице око 1 cm ($+ 0,5$ cm) и мањи, спадају у категорију мале кутије, док квадрати странице око 2,5 cm ($- 0,5$ cm) и већи, спадају у категорију велике кутије. На слици бр. 5.56 приказан је пример три величине нацртаних кутија на папиру.



Слика бр. 5.56 - Пример три величине нацртаних кутија на папиру

Оцена 4 – Цртање кутија у три димензије

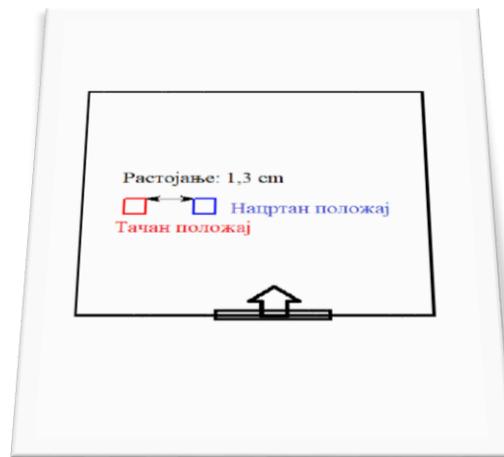
Посебна анализа додатка цртежу се односи на покушај кандидата да кутију на папиру нацрта у три димензије. Бележи се број кутија које су испитаници покушали да нацртају у три димензије.

Оцена 5 - Украшавање кутија

Наредна оцена додељена за сегмент „цртање кутије“, јесте оцена украшавања нацртаних кутија. За анализу узимају се додаци цртежу, односно елементи које је дете додало при цртању кутија (машнице, повези, различити украсни симболи и сл.), једноставним раздвајањем да ли постоје додаци или нема додатних елемената на цртежу.

Оцена 6 - Оцена положаја нацртаних кутија

Последњу оцену за први део задатка чини одређивање тачног положаја кутије у простору. За сваку кутију оцењује се одступање од тачног положаја у простору, оценама на скали од 1 (један) до 10 (десет), где за нацртан потпуно тачан просторни положај кутије (одступање на папиру мање од 1 cm) следује оцена 10 (десет), док је оцена 0 (нула) намењена великом просторном одступању нацртане кутије од стварног положаја у простору (кутија је нацртана више од 10 cm од стварног положаја), односно свака оцена је сразмерна одступању од једног центиметра. Да би се добио прецизнији излазни резултат коришћене су и оцене са децималним бројем (нпр. одступање од тачног положаја кутије износи 1,3 cm, оцена за положај кутије је 8,7) (слика бр. 5.57).



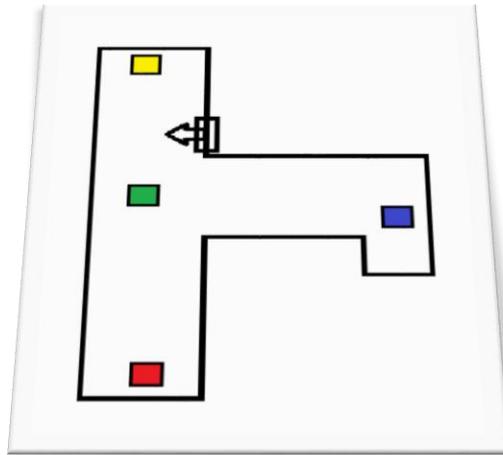
Слика бр. 5.57 - Пример оцењивања положаја на папиру нацртане кутије

Задатак 2: Бојење кутија

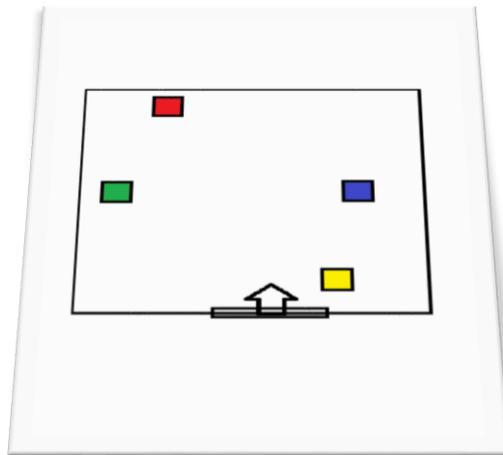
Поглавље „Бојење кутија“ садржи детаљан опис начина оцењивања задатка у другом делу теста, када је задатак испитанику био да обоји одговарајућом бојом четири, на папиру, нацртане кутије.

Оцена 1 - Боје кутија

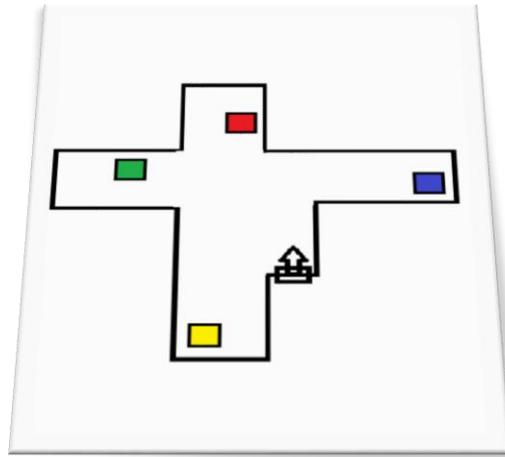
Први параметар, за анализу, код бојења већ нацртаних кутија, јесте да се за сваки положај кутије анализира коју је боју испитаник употребио (нпр. кутија коју је испитаник прво уочио, при шетњи ходником, и која је жуте боје, испитаник је обојио црвеном бојом, а резултат за унос је: жута – црвена боја). Разлог овакве анализе се оправдава излазним резултатом наведеног уноса, јер као излазни резултат добија се којом бојом испитаници најчешће замењују тачну боју, при евентуалном прављењу грешака. На следећим сликама приказан је тачан положај и одговарајућа боја сваке кутије (слике бр. 5.58; бр. 5.59; бр. 5.60).



Слика бр. 5.58 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (1)



Слика бр. 5.59 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (2)



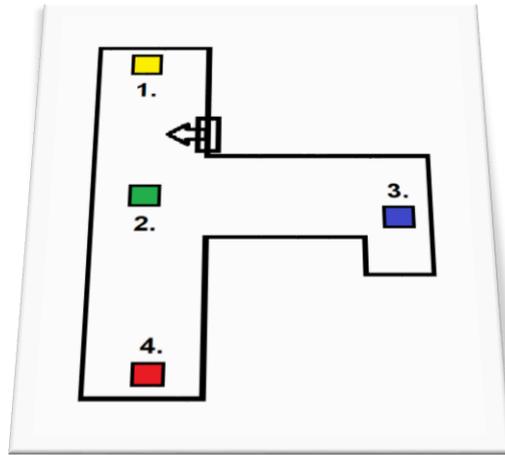
Слика бр. 5.60 - Приказ тачног положаја и одговарајуће боја сваке кутије (3)

Оцена 2 - Редослед боја кутија

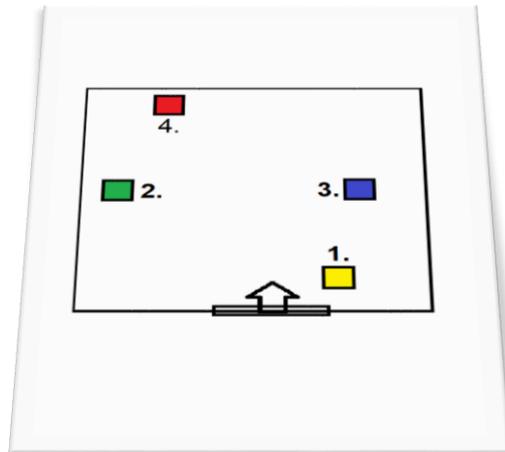
Друга анализа надовезује се на претходну, такође узимајући у обзир боју кутије, али по критеријуму редоследа кутија, до које је кандидат дошао, почевши од стартне позиције. Сви објекти су имали сличан положај постављених кутија у простору и исти редослед обилажења кутија. Наиме, сваки испитаник, у сваком од објеката, имао је следећи редослед обилажења кутија:

1. - жута кутија,
2. – зелена кутија,
3. – плава кутија,
4. – црвена кутија.

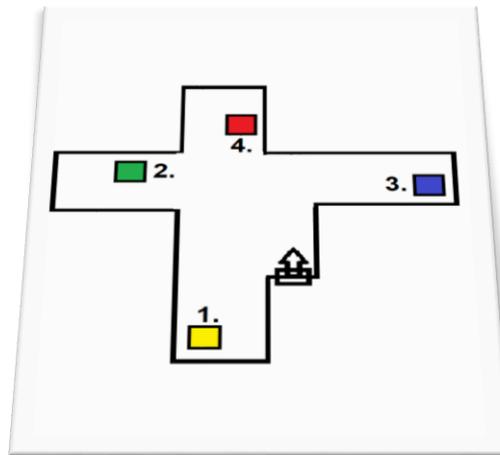
На следећим сликама приказан је редослед кутија, по којем је кандидат, гледано из почетног положаја, обилазио кутије (слике бр. 5.61; бр. 5.62; бр. 5.63).



Слика бр. 5.61 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 1



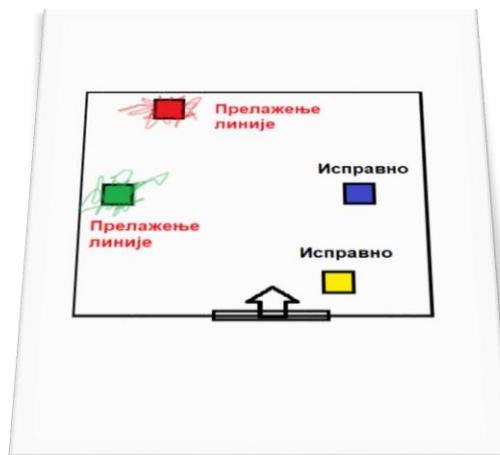
Слика бр. 5.62 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 2



Слика бр. 5.63 – Боја и редослед кутија које су испитаницима приказиване у виртуелној реалности, за просторију 3

Оцена 3 - Прелажење линија при бојењу

Наредни анализирани критеријум односи се на прелажење линија при бојењу кутија, које означавају границе кутија. За сваку кутију, анализира се да ли постоје или не постоје трагови боје, при бојењу, преко линија које приказују границе кутија (слика бр. 5.64).



Слика бр. 5.64 - Пример (не)исправно обојених кутија на папиру

Оцена 4 - Релације лево, десно, испред

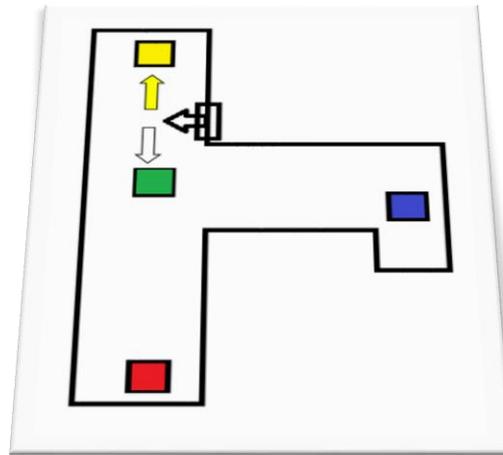
Последњи анализирани параметар односи се на оцењивање просторне оријентације испитаника (релације лево, десно и испред). Анализира се број и положај кутија које су испитанику биле у видном пољу, а оцењује се тачан одговор за боју кутије која је испитанику

била у том тренутку циљ посматрања. Следе примери оцењивања релација: лево, десно и испред, за три различита облика просторије (ходника) и различите положаје испитаника у њима.

На сликама од бр. 5.66 до бр. 5.77, необојене стрелице показују које кутије су у видном пољу испитаника, затим, обојена стрелица приказује циљну кутију, док стрелица таласасто/осенчено црвене боје, приказује тренутни (међу)положај испитаника. Видно поље испитаника није исто у виртуелном простору и у стварном окружењу, па се у складу са тим и поједини делови задатака разликују.

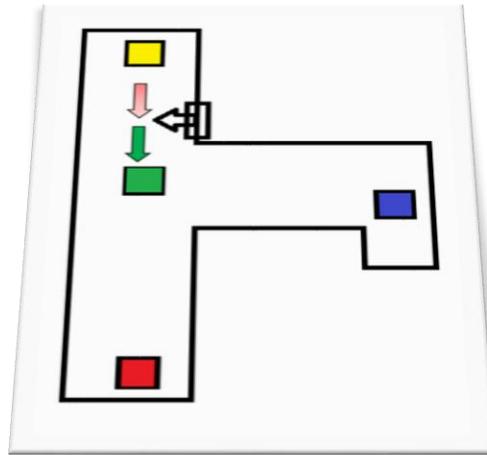
Положаји при кретању испитаника и положај кутија у његовом видном пољу у међуположајима (објекат 1):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види кутије са десне и леве стране, а циљна кутија је десна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.65);



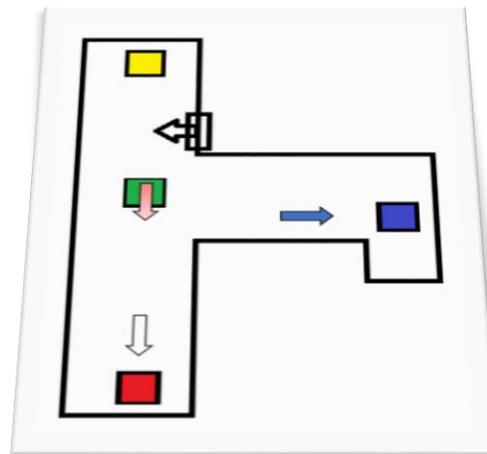
Слика бр. 5.65 – Приказ почетног положаја испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види две кутије испред себе, а циљна кутија је прва кутија испред испитаника (зелене боје) (слика бр. 5.67);



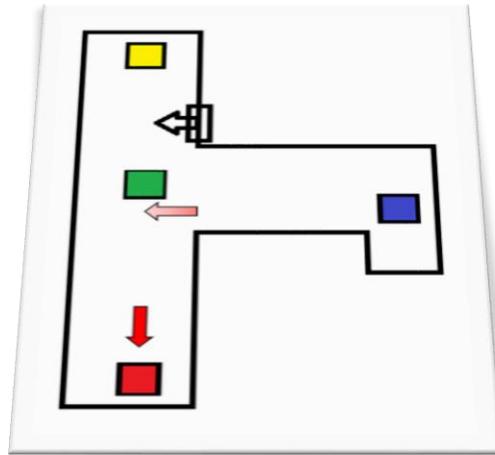
Слика бр. 5.66 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник, у међуположају, види кутију испред и кутију са његове леве стране, која представља циљну кутију (плаве боје) (слика бр. 5.67);



Слика бр. 5.67 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

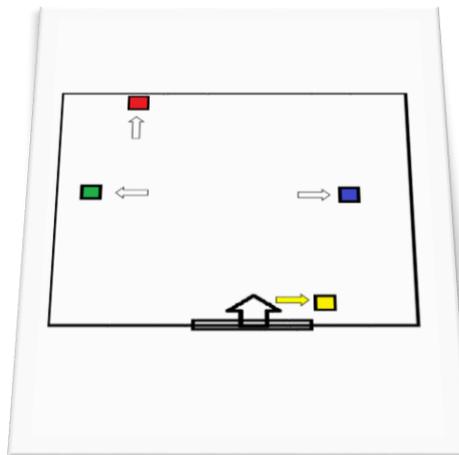
Корак 4. Испитаник, у међуположају, види кутију са његове десне, као и кутију са леве стране, која представља циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.68).



Слика бр. 5.68 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

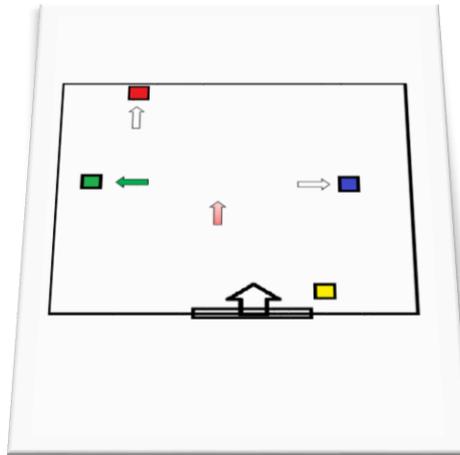
Положаји при кретању испитаника и положај кутија у његовом видном пољу у међуположајима (објекат 2):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види све кутије са десне и леве стране, као и испред, а циљна кутија је десна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.69);



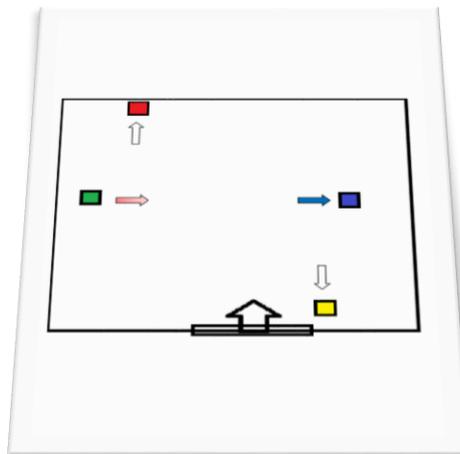
Слика бр. 5.69 – Почетни положај испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види три кутије, леву, десну и испред себе, а циљна кутија је кутија са леве стране испитаника (зелене боје) (слика бр. 5.70);



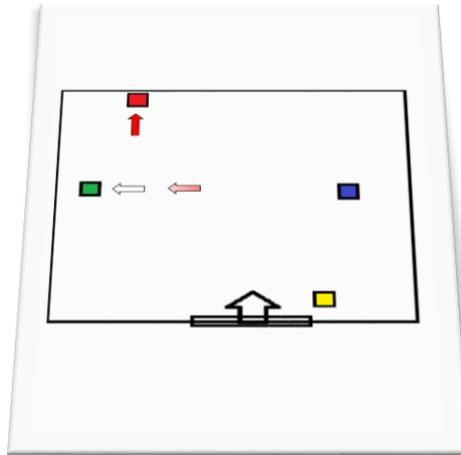
Слика бр. 5.70 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник, у међуположају, види кутије са његове леве и десне стране, као и кутију испред, која је циљна кутија (плаве боје) (слика бр. 5.71);



Слика бр. 5.71 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

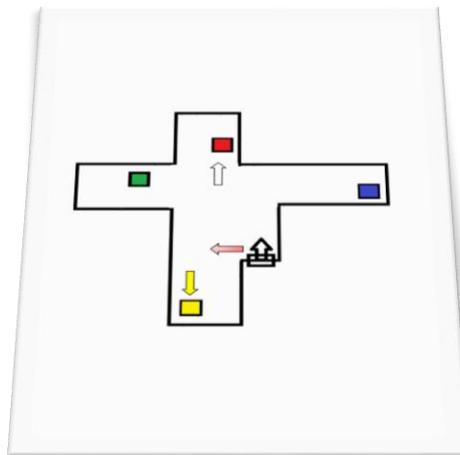
Корак 4. Испитаник, у међуположају, види кутију испред себе и кутију са десне стране, која представља циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.72).



Слика бр. 5.72 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

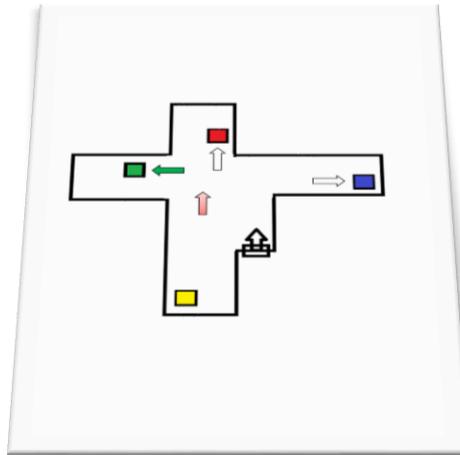
Положаји при кретању испитаника и положај кутија у његовом видном пољу у међуположајима (3):

Корак 1. Испитаник, у почетном положају, види кутију са десне, као и кутију са леве стране, која је и циљна кутија (жуте боје) (слика бр. 5.73);



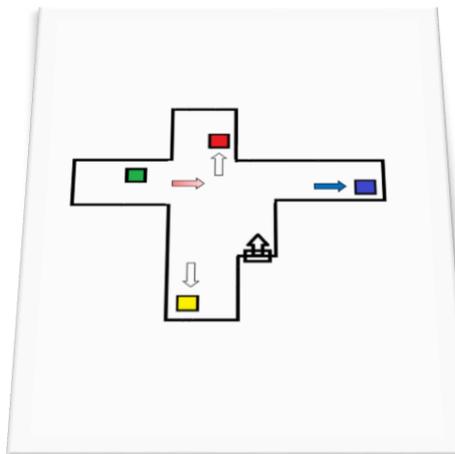
Слика бр. 5.73 – Почетни положај испитаника

Корак 2. Испитаник, у међуположају, види три кутије, лево, десно и испред себе, а циљна кутија је кутија са леве стране испитаника (зелене боје) (слика бр. 5.74);



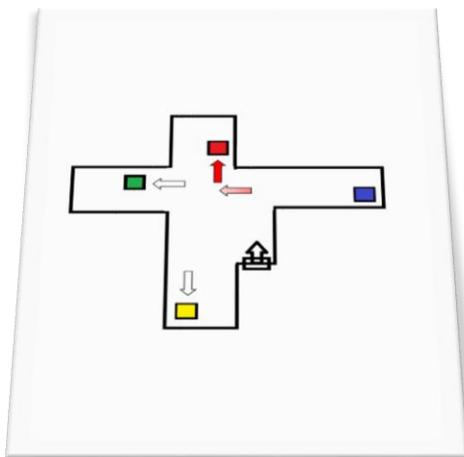
Слика бр. 5.74 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 3. Испитаник, у међуположају, види кутије са његове леве и десне стране, као и кутију испред, која је циљна кутија (плаве боје) (слика бр. 5.75);



Слика бр. 5.75 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

Корак 4. Испитаник, у међуположају, види кутију испред себе, кутију са леве стране, као и кутију са десне стране, која представља циљну кутију (црвене боје) (слика бр. 5.76).



Слика бр. 5.76 – Приказ тренутног положаја испитаника и кутија

5.4.4. Симулација возила у покрету

За потребе овог експеримента направљена је симулација кретања возила. Одабране брзине за симулацију возила су 30 km/h, 50 km/h и 80 km/h. Наведене брзине су одабране, јер је према „Закону о безбедности саобраћаја на путевима“, из 2018. године, брзина кретања возила у зони школе, у насељу, ограничена до 30 km/h, а ван насеља до 50 km/h (у времену од 7,00 до 21,00 сат, осим ако саобраћајним знаком време забране није другачије одређено). Дозвољена брзина кретања возила ван насеља износи 80 km/h (Закон о безбедности саобраћаја на путевима, 2018). Детаљан опис наведене симулације, у два окружења, приказан је у тачкама 5.4.4.1. и 5.4.4.2.

5.4.4.1. Моделирано 3Д возило у покрету - на рачунару

- Опис експеримента

За потребе овог експеримента, испитаницима је на рачунару приказивано шест видео снимака возила у покрету. Видео снимци су моделирани помоћу програмског пакета PC Crash v. 8.3. Возило, моделирано у 3Д окружењу, кретало се брзинама од 30 km/h, 50 km/h и 80 km/h. Дужина коју возила прелазе је 200 m, на коловозу ширине саобраћајне траке која износи 3,5 m (Реџић et al., 20196).

- Подаци о возилу

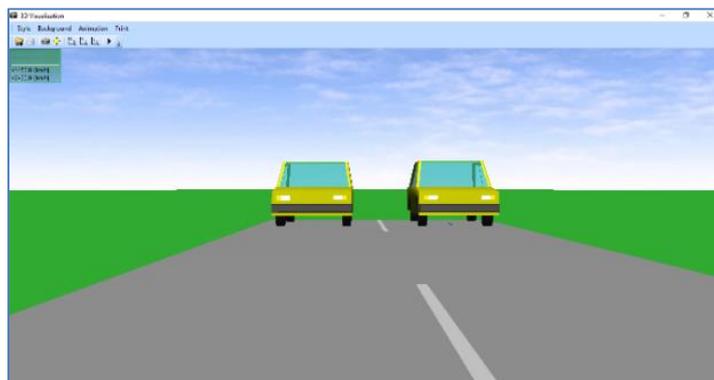
Возило које је коришћено за потребе експеримента је Пежо 307, са петоро врата. Димензије возила су: дужина 4200 mm, ширина 1745 mm и висина 1510 mm. Боја возила је жута (шифра боје 255; 255; 0). Возило је дефинисано у бази података под називом „DSDJapan2007 – Peugeot 307 XS“.

- Процедура спровођења експеримента

Испитаницима су истовремено приказивана два идентична моделирана возила у покрету (слика бр. 5.78). У табели бр. 5.11 представљене су комбинације брзина кретања моделираних возила, које су приказиване испитаницима.

Табела бр. 5.11 - Комбинације брзина кретања моделираног возила које су приказиване испитаницима

<i>Поређење истих брзина</i>	<i>Поређење различитих брзина</i>
30 km/h и 30 km/h	30 km/h и 50 km/h
50 km/h и 50 km/h	30 km/h и 80 km/h
80 km/h и 80 km/h	50 km/h и 80 km/h



Слика 5.77 - Моделирана возила, која су приказивана испитаницима, на рачунару

Приликом спровођења експеримента, видео снимци, моделираних возила, приказивани су случајним редоследом. У ситуацији, када се лево и десно возило крећу различитим брзинама, постоје по две опције видео снимка, при чему се у једној опцији већа брзина уочава на десној, а мања на левој страни, и обрнуто. Случајним избором, за сваког испитаника, веће брзине возила су се налазиле са леве, односно са десне стране, како страна на којој је већа, односно мања брзина, не би имала утицаја на резултат његове процене брзине кретања возила.

- Прикупљање података и оцењивање

Задатак испитанику био је да сопственом проценом одреди да ли се и које моделирано 3Д возило брже креће на приказаном снимку, или се моделирана возила крећу истим брзинама. Испитаници су своје процене усмено изговарали (или показивали прстом леву или десну страну екрана), док је испитивач изговорене резултате уносио у одговарајуће поље Excel радне свеске (енг. Excel work book). За тачан одговор испитанику додељен је један поен, док за нетачан одговор испитаник није остварио ни један поен.

5.4.4.2. Кретање возила у реалном окружењу

- Опис експеримента

За потребе овог експеримента, испитаницима су на платну истовремено приказивана два видео снимка возила у покрету, из реалног окружења. Возило се кретало брзинама од 30 km/h, 50 km/h и 80 km/h. Раздаљина коју је возило прелазило је 200 m (Ћићевић et al., 2017б; Решић et al., 2019б).

- Подаци о возилу

Возило, које је коришћено за потребе експеримента, је Пежо 307, са петоро врата. Димензије возила су: дужина 4210 mm, ширина 1730 mm и висина 1510 mm. Боја возила је фабричко златно жута (фабричка ознака боје - *jaune persepolis*, шифра боје - KAW). Аутомобил коришћен у експерименту је светле боје, а чињенице из литературе указују да је лакше уочити возило уколико постоји већи контраст између возила и окружења. Генерално, светлије боје

возила имају већи контраст са окружењем, па их је, стога лакше опазити (Allen and Klark, 1964; Dahlstedt and Rumar, 1976). Из наведених разлога, у експерименту је коришћен путнички аутомобил златно жуте боје, са упаљеним дневним светлима. Под дневним светлима на возилу су подразумевана упаљена кратка светла (Ћићевић et al., 2017; Пешић et al., 2019).

- Начин снимања и приказивања видео снимка

Снимање видео материјала је вршено камером високе резолуције (називкамере - Canon Camcorder HFR 806), по сунчаном времену осветљености око 8.000 lux. Угао који је заклапала камера са сниманим возилом је 0° (услови преузети из литературе: Реџа-García et al., 2014). Испитаници су били удаљени од видео платна 160 cm, како би приближан угао видног поља износио 32° x 18° (услови преузети из литературе: Cavallo and Pinto, 2012). Видео платно, коришћено у експерименту, је Electric 270, димензија 260 x 195 cm. Видео снимак је емитован преко целог платна, помоћу пројектора марке VanQ 1080p (1920 x 1080), са контрастом 10000:1 и 107 билиона боја.

- Процедура спровођења експеримента

Испитаницима је приказивано исто возило на левој и десној страни платна (слика бр. 5.79). На снимцима су приказиване комбинације брзина кретања возила које су представљене у табели бр. 5.12.

Табела бр. 5.12 - Комбинације брзина кретања возила које су приказиване испитаницима

<i>Поређење истих брзина</i>	<i>Поређење различитих брзина</i>
30 km/h и 30 km/h	30 km/h и 50 km/h
50 km/h и 50 km/h	30 km/h и 80 km/h
80 km/h и 80 km/h	50 km/h и 80 km/h



Слика бр. 5.78 - Возила која су приказана испитаницима на видео снимку

Приликом спровођења експеримента, видео снимци возила у покрету, су приказивани случајним редоследом. У ситуацији, када се лево и десно возило крећу различитим брзинама, постоје по две опције видео снимка, при чему се у једној опцији већа брзина уочава на десној, а мања на левој страни, и обрнуто. Случајним избором, за сваког испитаника, веће брзине возила су се налазиле са леве, односно са десне стране, како страна на којој је већа, односно

мања брзина, не би имала утицаја на резултат његове процене брзине кретања возила (Čičević et al., 2017б; Pešić et al., 2019б).

- Прикупљање података и оцењивање

Задатак испитанику био је да сопственом проценом одреди да ли се и које возило у реалном окружењу, брже креће на приказаном снимку, или се возила крећу истим брзинама. Испитаници су своје процене усмено изговарали (или показивали прстом леву или десну страну екрана), док је испитивач изговорене резултате уносио у одговарајуће поље Excel радне свеске. За тачан одговор испитанику додељен је један поен, док за нетачан одговор испитаник није остварио ни један поен.

5.5. Обрада података

Статистичка анализа података спроведена је помоћу статистичког софтверског пакета IBM SPSS Statistics v. 22. Нормалност дистрибуције тестирана је инспекцијом хистограма и Kolmogorov-Smirnov тестом. Будући да су расподеле свих интервалних варијабли статистички значајно одступале од нормалне расподеле, коришћени су непараметријски методи. За процену значајности разлике коришћени су Kruskal-Wallis-ov и Mann-Whitney-jev тест суме рангова U-test, Хи-квадрат тест, Cochran-ов Q-тест, McNemar-ов тест, као и Fridman-ов тест. Дефинисан је и регресиони модел (за суме појединих резултата), којим се, на основу познавања резултата на предикторској варијабли, може предвидети резултат на критеријумској варијабли. Праг статистичке значајности у свим спроведеним анализама био је постављен на конвенционалном нивоу $p \leq 0,05$. Постављене су, нулта хипотеза (H_0), која гласи: „Не постоји статистички значајна разлика између група“, и радна хипотеза (H_a), која гласи: „Постоји статистички значајна разлика између група“. Праг статистичке значајности (α) постављен је на 5%. Стога, уколико је $p \leq 0,05$, одбацује се H_0 и прихвата H_a , а уколико је $p > 0,05$, прихвата се H_0 .

6. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ТЕСТОВА ЗАСНОВАНИХ НА ГЕОМЕТРИЈСКОМ МОДЕЛИРАЊУ

У овом поглављу су приказани и анализирани резултати добијени помоћу тестова креираних применом геометријског моделирања. Поглавље обухвата резултате експеримента, у којима су учествовала деца, за сва четири претходно детаљно описана теста (понашање у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама, познавање значења саобраћајних знакова, резултати геометријског теста и резултати процене брзине кретања возила), која су била спроведена у реалном и виртуелном (на рачунару) окружењу.

6.1. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама

Поглавље садржи резултате понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама, које су деци биле приказиване на рачунару и на саобраћајном полигону.

6.1.1. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на рачунару

У овом делу дисертације приказани су резултати експеримента (детаљно описаног у поглављу 5.4.1.1.), а односе се на понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару.

Резултати истраживања показују да су сви испитаници дали тачне одговоре у делу првобитног препознавања моделованог саобраћајног окружења (тротоар, коловоз, бицикличка стаза, пешачки прелаз), што указује на верно приказане саобраћајне ситуације на рачунару и даје основ за наставак истраживања понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама.

У табели бр. 6.1 приказани су резултати Хи-квадрат теста, за понашање деце при прелажењу улице, у саобраћајним ситуацијама које су презентоване деци на рачунару, према полу, средини становања и разреду који су испитаници похађали. Резултати експеримента су показали да сва деца знају безбедно да се понашају на семафору за пешаке, када им није дозвољено да пређу улицу. Веома је битно да сва деца знају да у саобраћајној ситуацији, у којој се упали црвено светло на семафору за пешаке, која је презентована на рачунару, морају да стану и не смеју да прелазе улицу. Такође, деца су веома опрезна када бициклом прелазе улицу на семафору и у тој саобраћајној ситуацији, презентованој на рачунару, имају 100% тачних одговора. Резултати Хи-квадрат теста, за геометријски моделиране саобраћајне

ситуације на рачунару, у којима се испитује понашање деце приликом прелажења улице, нису показали статистичке значајне полне разлике.

Статистички значајне разлике, према месту становања испитаника, на основу резултата Хи-квадрат теста, постоје, за саобраћајне ситуације понашања деце при прелажењу улице на пешачком прелазу - без семафора и понашање при прелажењу улице - без пешачког прелаза и семафора ($\chi^2=31,35$, $p<0,001$; $\chi^2=14,035$, $p<0,001$, респективно) (табела бр. 6.1). У обе поменуте геометријски моделоване саобраћајне ситуације, испитаници из урбане средине имају већи проценат тачних одговора.

Резултати Хи-квадрат теста, показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, при понашању у следећим саобраћајним ситуацијама: зелено светло на семафору за пешаке ($\chi^2=11,191$; $p=0,011$), црвено светло на семафору за бициклисте ($\chi^2=11,800$; $p=0,008$), прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора ($\chi^2=35,667$; $p<0,001$) и прелажење улице - без пешачког прелаза и без семафора ($\chi^2=22,773$; $p<0,001$). За наведене саобраћајне ситуације, старија деца имају већи проценат тачних одговора, за разлику од млађе деце, односно, што су деца старија имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.1).

Табела бр. 6.1 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце при прелажењу улице у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Приказ задатка (прелажење улице)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Црвено светло на семафору за пешаке 	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 100% Дечаци: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 100% Рурална: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Први: 100% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%
Зелено светло на семафору за пешаке 	$\chi^2 = 2,273$; $p = 0,132$	Девојчице: 100% Дечаци: 98%	$\chi^2 = 2,152$; $p = 0,142$	Урбана: 100% Рурална: 98%	$\chi^2 = 11,191$ $p = 0,011^*$	Први: 96,2% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%

<p>Црвено светло на семафору за бициклисте</p> 	$\chi^2 = 2,273;$ $p = 0,132$	<p>Девојчице:</p> <p>98%</p> <p>Дечаци:</p> <p>99%</p>	$\chi^2 = 2,400;$ $p = 0,121$	<p>Урбана:</p> <p>97,9%</p> <p>Рурална:</p> <p>100%</p>	$\chi^2 = 11,800;$ $p = 0,008^*$	<p>Први:</p> <p>100%</p> <p>Други:</p> <p>96%</p> <p>Трећи:</p> <p>100%</p> <p>Четврти:</p> <p>100%</p>
<p>Зелено светло на семафору за бициклисте</p> 	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Девојчице:</p> <p>100%</p> <p>Дечаци:</p> <p>100%</p>	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Урбана:</p> <p>100%</p> <p>Рурална:</p> <p>100%</p>	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Први:</p> <p>100%</p> <p>Други:</p> <p>100%</p> <p>Трећи:</p> <p>100%</p> <p>Четврти:</p> <p>100%</p>
<p>Прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора</p> 	$\chi^2 = 1,667;$ $p = 0,197$	<p>Девојчице:</p> <p>89,8%</p> <p>Дечаци:</p> <p>93,9%</p>	$\chi^2 = 31,35;$ $p < 0,001^*$	<p>Урбана:</p> <p>100%</p> <p>Рурална:</p> <p>84%</p>	$\chi^2 = 35,667;$ $p < 0,001^*$	<p>Први:</p> <p>80,8%</p> <p>Други:</p> <p>88%</p> <p>Трећи:</p> <p>100%</p> <p>Четврти:</p> <p>100%</p>
<p>Прелажење улице - без пешачког прелаза и семафора</p> 	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Девојчице:</p> <p>95,9%</p> <p>Дечаци:</p> <p>95,9%</p>	$\chi^2 = 14,035;$ $p < 0,001^*$	<p>Урбана:</p> <p>100%</p> <p>Рурална:</p> <p>92%</p>	$\chi^2 = 22,773;$ $p < 0,001^*$	<p>Први:</p> <p>88,5%</p> <p>Други:</p> <p>96%</p> <p>Трећи:</p> <p>100%</p> <p>Четврти:</p> <p>100%</p>
<p><i>*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$</i></p>						

Када се анализирају кретања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, резултати Хи-квадрат теста, нису показали статистичке значајне полне разлике (табела бр. 6.2).

Статистички значајне разлике, према месту становања испитаника, на основу резултата Хи-квадрат теста, постоје, за саобраћајне ситуације које су геометријски моделиране на

За понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама, када лопта изађе на улицу и када деци зазвони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице, према резултатима Хи-квадрат теста, не постоје статистички значајне полне и статистички значајне разлике између средине становања деце (табела бр. 6.3).

Статистички значајне разлике постоје између разреда који похађају испитаници, за понашање када деци лопта изађе на улицу ($\chi^2=14,372$; $p=0,002$) и за понашање када деци зазвони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице ($\chi^2=9,738$; $p=0,021$). Старија деца показују безбеднија понашања у приказаним саобраћајним ситуацијама, за разлику од млађе деце (табела бр. 6.3).

Табела бр. 6.3 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце у осталим геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Приказ задатка (понашања)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Лопта на улици 	$\chi^2=0,774$; $p=0,379$	Девојчице: 95,9% Дечаџи: 98%	$\chi^2=0,653$; $p=0,419$	Урбана: 97,9% Рурална: 96%	$\chi^2=14,372$; $p=0,002^*$	Први: 96,2% Други: 92% Трећи: 100% Четврти: 100%
Звони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице 	$\chi^2=0,034$; $p=0,854$	Девојчице: 91,3% Дечаџи: 92,3%	$\chi^2=0,643$; $p=0,423$	Урбана: 93,2% Рурална: 90,5%	$\chi^2=9,738$; $p=0,021^*$	Први: 88,5% Други: 87% Трећи: 95,7% Четврти: 96,9%
*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$						

Дискусија најважнијих резултата

Могућност примене геометријског моделирања за креирање саобраћајних ситуација на рачунару, које могу да служе за едукацију и тестирање деце о безбедном понашању у саобраћају, потврђују резултати истраживања већ у првом сусрету деце са овим иновативним окружењем. Сви испитаници забележили су 100% тачних одговора, приликом препознавања геометријски моделованог саобраћајног окружења, што указује на њихов верни приказ на рачунару и даје основ за наставак истраживања понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама. Примена геометријског моделирања омогућава визуелизацију различитих

саобраћајних ситуација, едукацију и отвара простор за вежбање и тестирање деце у различитим саобраћајним ситуацијама. Будући да су симулиране саобраћајне ситуације представљене у виртуелном окружењу, уколико дете из неког разлога погрешно или се небезбедно понаша, изостаће последице у виду физичких повреда (Schwebel et al., 2016; Lee and Al-Mansour, 2018; Zare et al., 2019), односно, виртуелни саобраћајни елементи не могу да изазову повреду деце.

Статистички значајне разлике, за понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару, према месту становања испитаника, постоје за понашање испитаника: при прелажењу улице на пешачком прелазу – без семафора, при прелажењу улице - без пешачког прелаза и семафора, и за кретање деце од задате тачке А, до задате тачке Б. За наведене, на рачунару геометријски моделиране ситуације у саобраћају, испитаници из урбане средине имају већи проценат тачних одговора, за разлику од испитаника из руралне средине. Разлози оваквих резултата могу се приписати већем саобраћајном искуству које имају деца из урбаних средина, што је у складу са налазима студија (Leden et al., 2006; Meir et al., 2015). Други разлог може бити могућност да су деца из урбаних средина приступачније нове технологије у виду рачунара и мобилних телефона. Близкост са њима им је омогућила да постигну боље резултате на тестовима спроведеним на рачунару, што потврђују Huseth-Zosel и Orr (2015).

Резултати експеримента показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за понашања: када је зелено светло на семафору за пешаке, када је црвено светло на семафору за бициклисте, при прелажењу улице на пешачком прелазу - без семафора, при прелажењу улице - без пешачког прелаза и семафора, за кретање деце улицом без тротоара, затим, када деца лопта изађе на улицу, када деца зазвони мобилни телефон непосредно пре преласка улице, као и за кретања тротоаром са старијом особом, и за кретање деце од задате тачке А до задате тачке Б. Успешност деце на овим тестовима повећава се са повећањем старости, односно разреда који похађају, у различитим геометријски моделованим саобраћајним ситуацијама на рачунару. Наиме, старија деца имају већи проценат тачних одговора од млађе деце, што је у складу са студијама (Meyer et al., 2014; Trifunović et al., 2017a). Старија деца имају више искуства и знања о саобраћају, па из наведених разлога, постижу већи проценат тачних одговора од млађе деце, у наведеним саобраћајним ситуацијама, које су геометријски моделиране на рачунару.

6.1.2. Понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на полигону

У овом делу дисертације приказани су резултати понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону.

Први корак при учествовању деце у овом делу експеримента, јесте задатак да деца успешно препознају елементе геометријски моделованог саобраћајног окружења на полигону, који означавају тротоар, коловоз, бициклистичку стазу и пешачки прелаз, односно да препознају све елементе једног дела саобраћајног система. Резултати истраживања показују да су сви испитаници дали тачне одговоре приликом препознавања геометријски моделованог саобраћајног окружења на полигону, чиме се стекао основ за наставак истраживања понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама приказаним на полигону.

Табела бр. 6.4 приказује резултате Хи-квадрат теста за понашање деце при прелажењу улице, у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, односно у реалном окружењу, и то према полу, средини становања и разреду испитаника. На основу приказане табеле, може се закључити да сва деца показују безбедно понашање у саобраћајној ситуацији, која је приказана на саобраћајном полигону, када се упали црвено светло на семафору за пешаке и бициклисте.

Резултати Хи-квадрат теста, за саобраћајне ситуације представљене у реалности, на саобраћајном полигону, у којима је испитивано понашање деце при преласку улице, показали су статистички значајне полне разлике за понашање када је упаљено зелено светло на семафору за пешаке ($\chi^2=7,762$, $p=0,005$). У наведеној саобраћајној ситуацији испитаници женског пола имају више тачних одговора, односно, безбедније се понашају од испитаника мушког пола (табела бр. 6.4).

Када се анализира место становања, према резултатима Хи-квадрат теста, постоје статистички значајне разлике за саобраћајне ситуације које су деца представљене на саобраћајном полигону, и то за понашање деце: при прелажењу улице на пешачком прелазу – без семафора ($\chi^2=4,166$; $p=0,041$) и при прелажењу улице - без пешачког прелаза и без семафора ($\chi^2=29,870$; $p<0,001$). У обе наведене саобраћајне ситуације, у којима је испитивано безбедно прелажење улице, деца из урбане средине имају значајно већи проценат тачних одговора, за разлику од деце из руралне средине (табела бр. 6.4).

Резултати спроведене анализе показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за понашања у следећим саобраћајним ситуацијама: зелено светло на семафору за пешаке ($\chi^2=74,168$; $p<0,001$), зелено светло на семафору за бициклисте ($\chi^2=66,127$; $p<0,001$), прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора ($\chi^2=98,588$; $p<0,001$), прелажење улице - без пешачког прелаза и без семафора ($\chi^2=76,653$; $p<0,001$). У наведеним саобраћајним ситуацијама, у којима је испитивано безбедно прелажење улице, најчешће старија деца безбедније прелазе улицу, од млађе деце. Највеће разлике могу се приметити између деце која похађају други и деце која похађају трећи разред (табела бр. 6.4).

Табела бр. 6.4 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце при прелажењу улице у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника

Приказ задатка (прелажење улице)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Црвено светло на семафору за пешаке 	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 100% Дечаци: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 100% Рурална: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Први: 100% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%
Зелено светло на семафору за пешаке 	$\chi^2 = 7,762$; $p = 0,005^*$	Девојчице: 67,3% Дечаци: 53,1%	$\chi^2 = 0,651$; $p = 0,420$	Урбана: 62,5% Рурална: 58%	$\chi^2 = 74,168$ $p < 0,001^*$	Први: 50% Други: 32% Трећи: 82,6% Четврти: 79,2%

<p>Црвено светло на семафору за бициклисте</p> 	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Девојчице: 100%</p> <p>Дечаџи: 100%</p>	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Урбана: 100%</p> <p>Рурална: 100%</p>	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Први: 100%</p> <p>Други: 100%</p> <p>Трећи: 100%</p> <p>Четврти: 100%</p>
<p>Зелено светло на семафору за бициклисте</p> 	$\chi^2 = 2,418$; $p = 0,120$	<p>Девојчице: 65,3%</p> <p>Дечаџи: 57,1%</p>	$\chi^2 = 0,163$; $p = 0,686$	<p>Урбана: 62,5%</p> <p>Рурална: 60%</p>	$\chi^2 = 66,127$ $p < 0,001^*$	<p>Први: 46,2%</p> <p>Други: 40%</p> <p>Трећи: 87%</p> <p>Четврти: 75%</p>
<p>Прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора</p> 	$\chi^2 = 0,128$; $p = 0,721$	<p>Девојчице: 75,5%</p> <p>Дечаџи: 77,6%</p>	$\chi^2 = 4,166$; $p = 0,041^*$	<p>Урбана: 81,3%</p> <p>Рурална: 72%</p>	$\chi^2 = 98,588$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 53,8%</p> <p>Други: 64%</p> <p>Трећи: 91,3%</p> <p>Четврти: 100%</p>
<p>Прелажење улице - без пешачког прелаза и семафора</p> 	$\chi^2 = 1,021$; $p = 0,312$	<p>Девојчице: 83,7%</p> <p>Дечаџи: 87,8%</p>	$\chi^2 = 29,870$; $p < 0,001^*$	<p>Урбана: 95,8%</p> <p>Рурална: 76%</p>	$\chi^2 = 76,653$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 61,5%</p> <p>Други: 88%</p> <p>Трећи: 95,7%</p> <p>Четврти: 100%</p>

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$

Наредна анализа усмерена је на испитивању кретања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, а резултати Хи-квадрат теста приказани су у табели бр. 6.5. Резултати су показали статистичке значајне полне разлике за кретање деце тротоаром са старијом особом ($\chi^2 = 4,705$; $p = 0,030$). Испитаници женског пола имају више тачних одговора, односно безбедније се понашају при кретању са старијом особом, за разлику од испитаника мушког пола.

Анализом разлика између места становања деце, према резултатима Хи-квадрат теста, постоје статистички значајне разлике за саобраћајне ситуације које су деци представљене на саобраћајном полигону, и то за кретање деце од задате тачке А, до задате тачке Б ($\chi^2 = 21,114$; $p < 0,001$). За наведену саобраћајну ситуацију, деца из урбане средине имају већи проценат безбедног понашања, од деце из руралне средине (табела бр. 6.5).

Резултати спроведене анализе показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за кретање деце: улицом без тротоара ($\chi^2=35,882$; $p<0,001$), тротоаром са старијом особом ($\chi^2=20,711$; $p<0,001$) и од задате тачке А, до задате тачке Б ($\chi^2=31,525$; $p<0,001$). У наведеним саобраћајним ситуацијама, које испитују безбедно кретање деце у саобраћају, старија деца се безбедније крећу, за разлику од млађе деце (табела бр. 6.5).

Табела бр. 6.5 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце када се крећу у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника

Приказ задатка (кретање у саобраћају)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Улицом без тротоара 	$\chi^2=0,500$; $p=0,480$	Девојчице: 48% Дечаџи: 52%	$\chi^2=0,255$; $p=0,613$	Урбана: 51,6% Рурална: 48,5%	$\chi^2=35,882$; $p<0,001^*$	Први: 26,9% Други: 67% Трећи: 54,3% Четврти: 53,1%
Тротоаром са старијом особом 	$\chi^2=4,705$; $p=0,030^*$	Девојчице: 93,4% Дечаџи: 86,2%	$\chi^2=0,001$; $p=0,976$	Урбана: 90,1% Рурална: 89,5%	$\chi^2=20,711$; $p<0,001^*$	Први: 82,7% Други: 92% Трећи: 85,9% Четврти: 99%
Од задате тачке А, до задате тачке Б 	$\chi^2=1,736$; $p=0,188$	Девојчице: 57,7% Дечаџи: 50,5%	$\chi^2=21,114$; $p<0,001^*$	Урбана: 66,1% Рурална: 42,5%	$\chi^2=31,525$; $p<0,001^*$	Први: 30,8% Други: 62% Трећи: 64,1% Четврти: 61,5%
*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$						

Резултати Хи-квадрат тестова за понашање деце, у ситуацији када им лопта оде на улицу и за понашање када им зазвони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице, према полу, средини становања и разреду испитаника, приказани су у табели бр. 6.6. За приказане две саобраћајне ситуације не постоје статистички значајне полне разлике.

Када се анализира место становања, постоје статистички значајне разлике за понашање деце када им звони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице ($\chi^2=9,312$; $p=0,002$). Деца из урбане средине имају већи проценат безбедног понашања (табела бр. 6.6).

Статистички значајне разлике, између разреда који похађају испитаници, постоје за понашање деце када им лопта оде на улицу ($\chi^2=28,507$; $p<0,001$). Деца која похађају четврти разред, имају све тачне одговоре, односно сва деца наведеног узраста, безбедно се понашају у ситуацији када им лопта приликом играња оде на улицу, за разлику од млађе деце (табела бр. 6.6).

Табела бр. 6.6 - Резултати Хи-квадрат теста за понашање деце у осталим геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника

Приказ задатка (понашања)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Лопта на улици 	$\chi^2 = 0,962$; $p = 0,327$	Девојчице: 91,3% Дечаџи: 94,4%	$\chi^2 = 0,491$; $p = 0,484$	Урбана: 91,7% Рурална: 94%	$\chi^2 = 28,507$; $p < 0,001^*$	Први: 95,2% Други: 82% Трећи: 94,6% Четврти: 100%
Звони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице 	$\chi^2 = 0,132$; $p = 0,716$	Девојчице: 76,5% Дечаџи: 78,6%	$\chi^2 = 9,312$; $p = 0,002^*$	Урбана: 84,4% Рурална: 71%	$\chi^2 = 2,394$; $p = 0,402$	Први: 72,1% Други: 77% Трећи: 80,4% Четврти: 81,3%
*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$						

Дискусија најважнијих резултата

Испитивање понашања деце у реалним саобраћајним ситуацијама, на првом месту, може угрозити безбедност деце, а намеће се и низ организационих, методолошких и практичних, скоро нерешивих проблема. Насупрот томе, примена геометријског моделирања омогућава симулирање саобраћајних ситуација у реалном окружењу и обезбеђује безбедно тестирање и едукацију деце. Примена геометријског моделирања, у области безбедности саобраћаја и експерименталног истраживања, има веома битну улогу у корацима осмишљавања, дизајнирања и реализације саобраћајног окружења намењеног деци (Rosenbloom et al., 2008; Mendoza et al., 2010; Tapiro et al., 2016). Сви испитаници забележили су 100% тачних одговора, приликом препознавања геометријски моделованог саобраћајног окружења, у овом случају реалног простора саобраћајног полигона. Верност његовог приказа у реалном простору указује на потенцијал истраживања понашања деце у реалном окружењу.

За геометријски моделоване саобраћајне ситуације представљене у реалности на саобраћајном полигону, у којима је испитивано понашање деце, резултати Хи-квадрат теста су показали статистички значајне полне разлике за понашање деце када је укључено зелено светло на семафору за пешаке и за кретање деце тротоаром са старијом особом. У наведеним

саобраћајним ситуацијама, особе женског пола имају више тачних одговора, односно безбедније се понашају, од особа мушког пола, што је у складу и са резултатима у литератури (Granić, 2009; Gitelman et al., 2019).

На основу добијених резултата у спроведеном експерименту, статистички значајне разлике за понашање деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на полигону, према месту становања испитаника, постоје за: прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора, прелажење улице - без пешачког прелаза и семафора, кретање деце од задате тачке А, до задате тачке Б и за понашање деце када им звони мобилни телефон, непосредно пре преласка улице. У свим наведеним саобраћајним ситуацијама, деца из урбане средине имају безбедније понашање, од деце из руралне средине. Чињеница је да су деца из урбане средине више изложена саобраћају и имају више искуства у различитим саобраћајним ситуацијама, од деце из руралне средине (Trifunović et al., 2017a). Резултати добијени у спроведеном и приказаном експерименту, могу се повезати са управо наведеном чињеницом.

Резултати експеримента показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за понашања у следећим саобраћајним ситуацијама: упаљено зелено светло на семафору за пешаке, прелажење улице на пешачком прелазу – без семафора, прелажење улице - без пешачког прелаза и без семафора, кретање деце улицом без тротоара, кретање деце тротоаром са старијом особом, кретање деце од задате тачке А, до задате тачке Б, као и за понашање деце када им лопта оде на улицу. За све наведене саобраћајне ситуације, у којима је испитивано безбедно понашање деце, старија деца се безбедније понашају, од млађе деце. Резултати из литературе указују да деца, најчешће до девете године старости, немају развијене способности и осећај да препознају опасна места за прелазак улице (Dragutinović and Twisk, 2006; Schwebel et al., 2018; Morrongiello et al., 2019), што је у складу са добијеним резултатима у спроведеном истраживању. Добијене резултате треба такође повезати са временом проведеним у саобраћају, односно са чињеницом, да старија деца имају више искуства и знања о саобраћају, па је последица тога и бољи резултат приликом тестирања, у различитим саобраћајним ситуацијама, које су геометријски моделиране на полигону.

6.1.3. Упоредна анализа понашања деце у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама – на полигону и на рачунару

У овом делу докторске дисертације приказани су резултати упоредне анализе резултата деце, који су постигнути у два различита геометријски моделована саобраћајна окружења, на рачунару и на полигону. Као што је и у претходном поглављу наглашено, деца су имала све тачне одговоре приликом препознавања геометријски моделованог саобраћајног окружења, на рачунару и на полигону (тротоар, коловоз, бицикличку стазу, пешачки прелаз), што потврђује верност приказаних саобраћајних ситуација у виртуелном и у реалном простору. У оба тестирана окружења (полигон и рачунар), деца немају дилема око понашања на семафору, када је упаљено црвено светлом за пешаке и црвено светло за бициклисте. Деца знају, када је упаљено црвено светло на семафору за пешаке, да морају да стану и сачекају да се промени светло, па су се тако и понашала у оба тестирана окружења. Када су деци приказивани задаци на рачунару и од њих се захтевало да правилно пређу улицу на зелено светло, као пешаци и као бициклисти, она нису имала проблема у виртуалном простору, на рачунару, већ су правилно прешла улицу, захваљујући теоријском знању. Међутим, када је деци, у својству пешака и бициклисте, задата иста ситуација на саобраћајном полигону, она су имала знатно мањи проценат безбедног понашања (60,2% деце пешака и 61,2% деце бициклиста безбедно је прешло улицу) (график бр. 6.1), што показују и статистички значајне разлике McNemar-овог теста између рачунара и полигона ($p < 0,001$). Када се променило светло на семафору и упалило зелено, деца најчешће нису погледала лево и десно, како би проверили да ли се на улици налазе

возила, која се крећу ка њима (68,8% деце пешака и 72,8% деце бициклиста, не гледа да ли има возила – од укупног броја деце која нису безбедно прешла улицу). Одређени проценат деце, од укупног броја деце која нису безбедно прешла улицу, погледа прво десно па затим лево (14,7% деце пешака и 18,6% деце бициклиста), док остала деца претрчавају улицу и иду дужом путањом (кретање укосом).

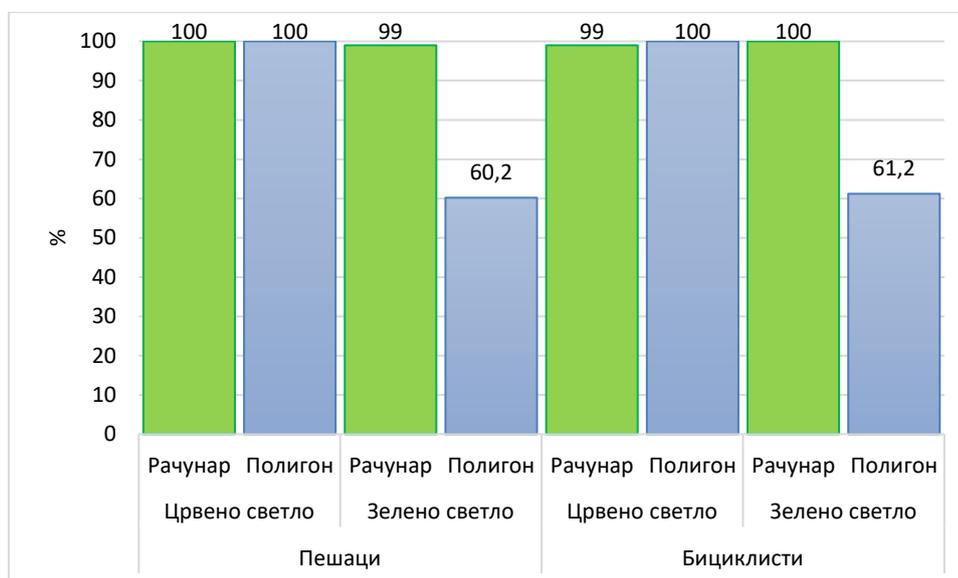


График бр. 6.1 - Процент деце која се безбедно понашају у саобраћајним ситуацијама на семафору – рачунар и полигон

Када је у питању прелажење улице, на пешачком прелазу на коме се не налази семафор, или када треба прећи улицу на прегледном месту, а у близини нема пешачког прелаза, ни семафора, деца су се различито понашала, у виртуелном окружењу, од оног на полигону. Између два наведена окружења постоји статистички значајна разлика за саобраћајне ситуације: прелажење улице на пешачком прелазу без семафора ($p < 0,001$) и прелажење улице без пешачког прелаза и без семафора ($p < 0,001$). У обе наведене саобраћајне ситуације деца показују безбедније понашање када их решавају на рачунару (график бр. 6.2). У две наведе саобраћајне ситуације када треба безбедно да пређу улицу на полигону, деца најчешће не погледају лево и десно, већ одмах крену да прелазе улицу (54,5% деце када прелазе улицу на пешачком прелазу без семафора и 62,2% деце када прелазе улицу на месту где нема семафора ни пешачког прелаза - од укупног броја деце која нису безбедно прешла улицу). Остале грешке које деца праве при преласку улице су претрчавање улице, одабир дуже путање (кретање укосом) и гледање прво десне па леве стране, или само једне од страна, када проверавају да ли наилази возило ка њима.

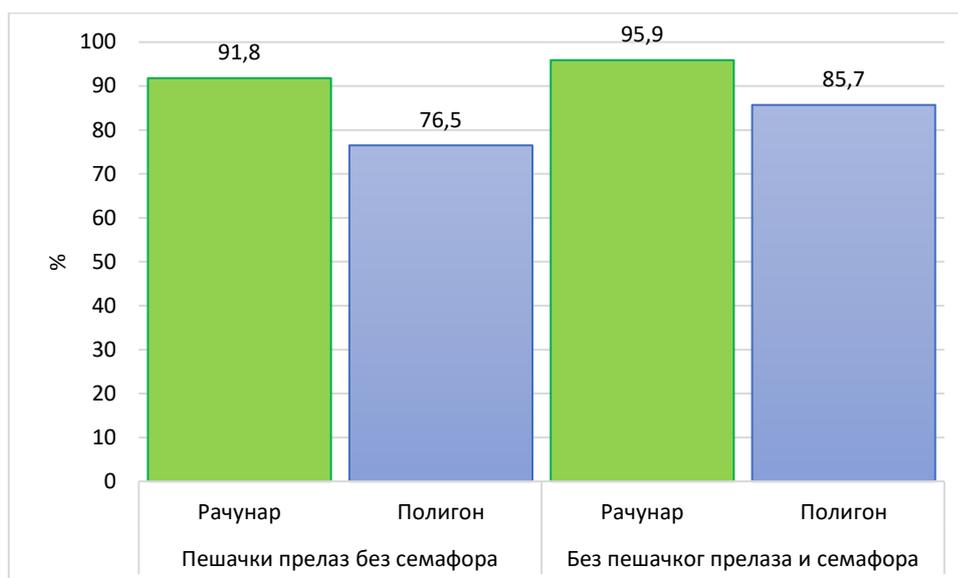


График бр. 6.2 - Процент деце која се безбедно понашају при преласку улице – рачунар и полигон

У три задате ситуације у којима се деца крећу тротоаром и задатом путањом у геометријски моделованом саобраћајном окружењу, постоје статистички значајне разлике између понашања деце у виртуелном и у реалном окружењу и то: за саобраћајну ситуацију у којој деца треба да се крећу левом страном улице која нема изграђен тротоар ($p < 0,001$), у ситуацији када треба да се крећу тротоаром уз старију особу ($p = 0,001$) и када им је задато да нађу безбедну путању од задате тачке А, до задате тачке Б ($p < 0,001$). У свим наведеним саобраћајним ситуацијама деца показују безбедније понашање када задатке решавају у виртуелном окружењу. Тако се 62,2% деце правилно креће левом страном улице када нема изграђеног тротоара, у виртуелном окружењу, док само половина деце има безбедно понашање у реалном окружењу, односно на полигону. 94,9% деце схвата значај да старија особа треба да се креће ближе улици, у саобраћајној ситуацији када дете пешачи тротоаром у друштву старије особе, решавајући задатак у виртуелном окружењу. Са друге стране, у реалном окружењу, на полигону, за исти задатак 89,8% деце има безбедно понашање. Када се детету зада да изабере безбедну путању од тачке А до тачке Б, 83,7% деце пронађе безбедну путању када саобраћајни задатак решавају на рачунару, док 54,1% деце пронађе безбедну путању у реалном окружењу (график бр. 6.3). Овакав резултат је последица боље прегледности коју деца имају када задату саобраћајну ситуацију гледају на рачунару, за разлику када се деца нађу у истој таквој саобраћајној ситуацији, али на полигону.

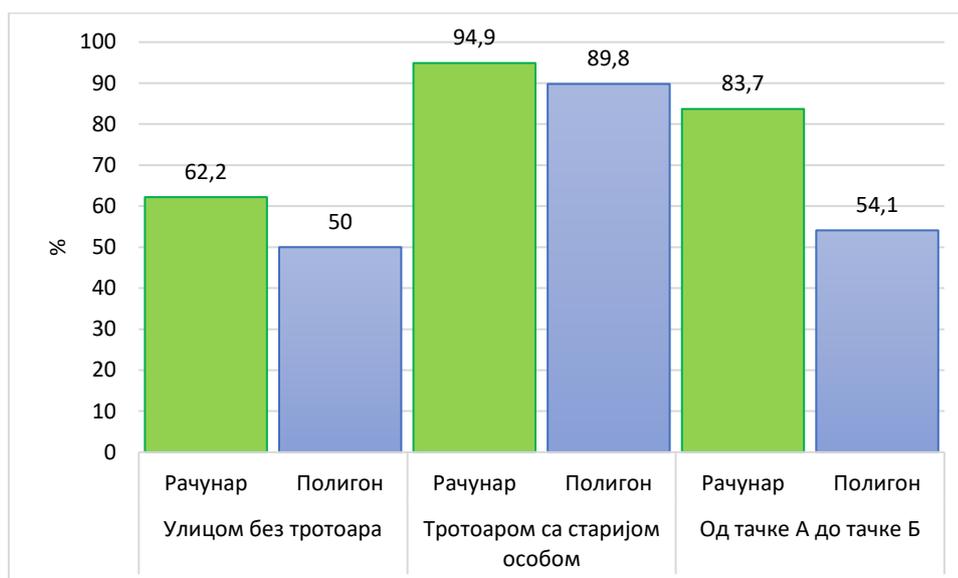


График бр. 6.3 - Процент деце која се безбедно понашају при кретању у различитим саобраћајним ситуацијама – рачунар и полигон

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између понашања деце у виртуелном и реалном окружењу, у саобраћајној ситуацији када деци испадне лопта и оде на улицу ($p=0,007$), као и у ситуацији када им зазвони мобилни телефон, непосредно пре прелажења улице ($p<0,001$). У ове две саобраћајне ситуације, већи проценат деце безбедније се понаша када саобраћајни задатак решава у виртуелном окружењу, односно на рачунару (график бр. 6.4).

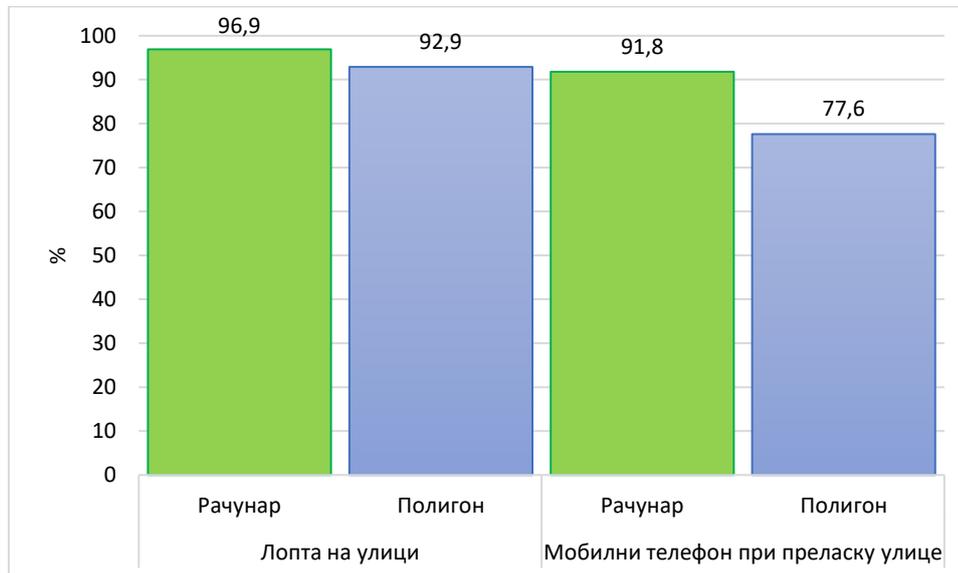


График бр. 6.4 - Процент деце која се безбедно понашају у две приказане саобраћајне ситуације – рачунар и полигон

На графику бр. 6.5 приказан је проценат безбедних понашања деце у зависности од тога да ли су прво тестирана у виртуелном (на рачунару), или у реалном (на полигону) окружењу. Деца која су прво тестирана на рачунару, забележила су 92,5% тачних одговора. Након тога, иста деца су тестирана на полигону и забележила су 84,6% тачних одговора. У другој ситуацији, деца која су прво тестирана на полигону, забележила су 74,5% тачних одговора. Иста деца тестирана потом на рачунару, забележила су 94,3% тачних одговора (график бр. 6.5).

Из наведених резултата може се закључити да деца уче из свог искуства, па су при тестирању у другом окружењу (није битно да ли су прво тестирани на полигону, или рачунару), имали већи проценат тачних одговора од процента тачних одговора деце којима је то окружење било прво место на коме су тестирана. Такође, може се закључити да представљање различитих саобраћајних ситуација у виртуелном окружењу помаже деци да савладају сличне такве ситуације у реалности, на полигону. Са аспекта области безбедности саобраћаја, веома је битно да се резултати које деца постижу у тестовима на рачунару, не изједначавају са резултатима које она постижу на полигону, односно да се не може очекивати једнако безбедно понашање деце у реалном окружењу, на основу безбедног понашања деце у тестовима на рачунару.

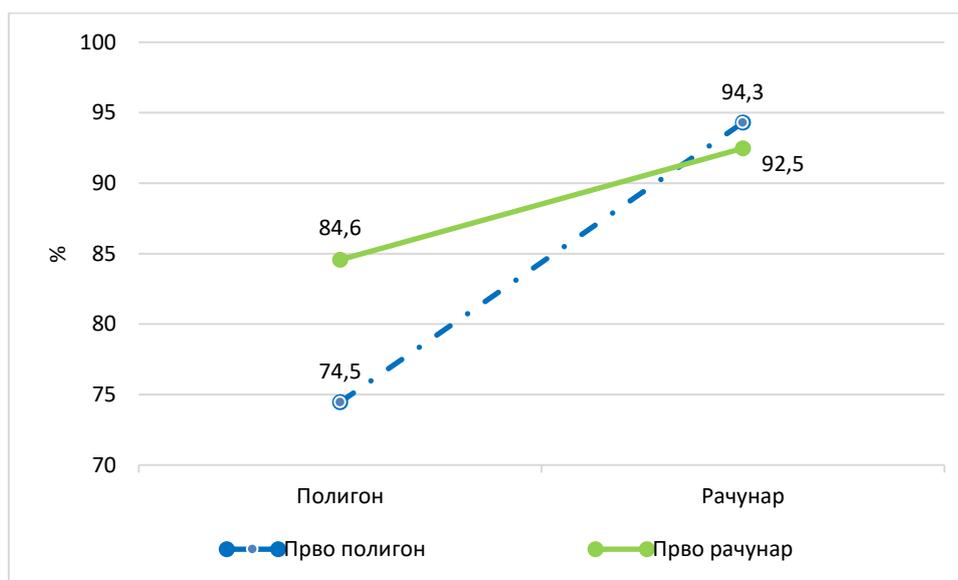


График бр. 6.5 - Процент безбедних понашања деце у зависности од тога у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону)

У пракси је веома тешко спровести истраживање понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону, док примена рачунара омогућава већу флексибилност и лаку примену за тестирање деце. Из наведених разлога, примењујући резултате ове студије, конструисан је модел предвиђања резултата понашања деце на полигону, на основу резултата понашања деце у саобраћајним ситуацијама приказаним на рачунару. Модел једнострове линеарне регресије за предикторску варијаблу узима резултат понашања деце у саобраћајним ситуацијама које су приказане на рачунару ($P_{\text{рачунар}}$), док за критеријумску варијаблу узима резултат понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону ($P_{\text{полигон}}$). Како је $p < 0,001$, варијабла $P_{\text{рачунар}}$ значајно утиче на варијаблу $P_{\text{полигон}}$. Коefицијент детерминације износи 0,359, док модел објашњава 35,9% варијансе понашања на полигону. На графику бр. 6.6 приказана је једначина једнострове линеарне регресије (6.1) и дијаграм расипања за понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону и рачунару.

$$P_{\text{полигон}} = -1,295 + 0,966 * P_{\text{рачунар}} \quad (6.1)$$

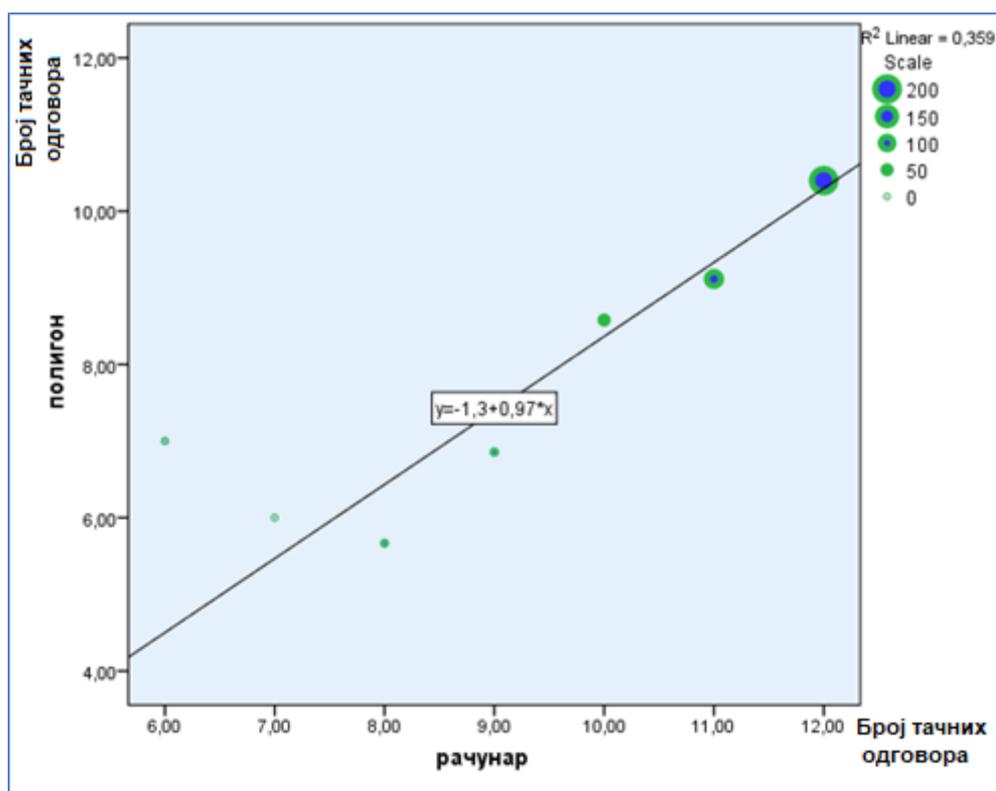


График бр. 6.6 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама

Дискусија најважнијих резултата

Примена геометријског моделирања различитих ентитета даје велику могућност у експерименталним истраживањима из области безбедност деце у саобраћају. Управо геометријско моделирање отвара могућност креирања саобраћајног полигона у реалном окружењу, као и креирање саобраћајног окружења у виртуелном простору, на рачунару. Самим тим, створена је основа за испитивање понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама, у реалном и виртуелном окружењу, а тиме је отворена могућност за едукацију и тестирање деце у области безбедност саобраћаја (Tabibi, 2010; Zare et al., 2019). У оба окружења деца су показала истоветан ниво препознавања моделованог саобраћајног окружења, чиме је верификована валидност примењених метода за њихово креирање. Овакви резултати дају основ за даља тестирања деце у различитим саобраћајним ситуацијама, како на полигону, тако и на рачунару, у циљу побољшања њихове едукације о безбедном понашању у саобраћају. Упоредним анализама понашања деце приликом тестирања у саобраћајним ситуацијама у два различита окружења, реалном-на полигону и виртуелном-на рачунару, која су креирана помоћу геометријског моделирања, показано је да у оба случаја постоји развојни потенцијал примене оваквог приступа у тестирању и едукацији деце у области безбедност саобраћаја

Анализом остварених резултата деце, према редоследу тестирања у два окружења (на рачунару 92,5% тачност, следи, на полигону 84,6% тачност; односно, на полигону 74,5% тачност, следи на рачунару 94,3% тачност), долази се до закључка да деца уче из претходног искуства, било да је то тестирање на полигону, или пак на рачунару. Испитаници су приликом тестирања у другом по реду окружењу, постизали боље резултате од резултата које су

постизали у првом окружењу (није битно да ли су прво тестирани на полигону, или на рачунару). Изведен је закључак да представљање различитих саобраћајних ситуација у виртуелном окружењу помаже деци да савладају сличне такве ситуације у реалности, односно на полигону. Наведени резултати су у складу са резултатима из литературе (Amprofo-Boateng et al., 1993; Fyhri et al., 2004; Twisk et al., 2007).

У области безбедности саобраћаја, веома је битно да се резултати које деца постижу у тестовима на рачунару не изједначавају са резултатима које она постижу на полигону, односно да се не очекује једнако безбедно понашање деце у реалности, на основу безбедног понашања које су деца показала на тестовима на рачунару. У пракси постоје ситуације за које је тешко спровести истраживање понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону, док примена рачунара омогућава већу флексибилност и лакше извођење тестирања, као и едукације деце. Из наведених разлога, а базирано на резултатима приказаним у овој студији, конструисан је модел предвиђања резултата понашања деце на полигону, на основу резултата понашања деце у саобраћајним ситуацијама приказаним на рачунару и добијена је једначина (6.1). Управо геометријско моделирање саобраћајног окружења у виртуелном и реалном простору омогућило је добијање оваквих резултата који се могу применити у научне, али и у практичне сврхе, за едукацију и тестирање деце у школама.

Поређење резултата из два окружења у саобраћајној ситуацији преласка улице на зелено светло (као пешаци и као бициклисти) показује значајно већи проценат безбедног понашања деце приликом решавања у виртуелном простору, од оног приказаног на полигону. Наиме, одређени проценат деце, код тестирања на полигону, није проверавао, гледањем у лево и у десно да ли је безбедан прелазак улице, при чему су неки од њих претрчавали улицу и кретали се укусо. Поређење резултата у саобраћајним ситуацијама, при прелажењу улице на пешачком прелазу (без семафора), као и на месту где је безбедно прећи улицу, а у близини нема пешачког прелаза ни семафора, показује сличну законитост да саобраћајну ситуацију деца боље решавају у виртуелном окружењу, него на полигону. Процент безбедног понашања деце у реалном окружењу, је значајно мањи него када у саобраћајним ситуацијама учествују радећи на рачунару.

Статистички значајне разлике постоје између понашања деце у виртуелном окружењу и у реалном окружењу у следећим саобраћајним ситуацијама: када се крећу левом страном улице која нема изграђен тротоар, када треба да допусте старијој особи у пратњи, да се креће ближе улици, када бирају безбедну путању од задате тачке А, до задате тачке Б, када им испадне лопта на улицу, и када им zazвони мобилни телефон, непосредно пре прелажења улице. У свим наведеним саобраћајним ситуацијама деца су показала безбедније понашање у виртуелном окружењу, односно када у саобраћајним ситуацијама учествују на рачунару. Један од разлога зашто деца имају већи проценат тачних одговора за саобраћајне ситуације које су презентоване на рачунару, за разлику од понашања у истим ситуацијама на саобраћајном полигону, може бити недостатак њиховог искуства у саобраћају. Резултати који показују безбедно понашање у саобраћајним ситуацијама решаваним на рачунару, указују на њихово поседовање теоријског знања. Многе студије издвајају саобраћајно искуство, такође, као један од кључних чинилаца за самостално безбедно учествовање деце у саобраћају (Plumert and Kearney, 2014; Schwebel et al., 2016; O'Neal et al., 2018). Још један од фактора, који може да утиче на резултате добијене у приказаној студији, јесте и сналажење деце у простору (Schwebel and McClure, 2010). Дете на рачунару може много боље да сагледа целокупно саобраћајно окружење и оријентише се у простору. На саобраћајном полигону, који симулира реалну саобраћајну ситуацију, где има много више расположивог простора за кретање, дете не може лако да се оријентише (нпр. у случају бирања безбедне путање од тачке А, до тачке Б, дете мора са повећаном пажњом да осмотри околину, како би сагледало све могућности избора и поступи правилно, док је на рачунару то много лакше извести, јер је површина на коју је фокусирано неупоредиво мања). Из наведених резултата произилази закључак и практична

преорука, да се вежбањем, едукацијом и каснијим тестирањем понашања деце, у различитим саобраћајним ситуацијама, може у значајној мери повећати квалитет знања и безбедност деце у саобраћају. Управо је примена геометријског моделирања, у овој студији, омогућила спровођење наведених мера, са циљем повећања безбедности деце у саобраћају. Такође, резултати показују да осим позитивних ефеката примене геометријског моделирања, на понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама, ова студија указује на неопходности да се наведени алат развија и унапређује у даљим истраживањима, у области безбедност саобраћаја.

6.2. Познавање значења саобраћајних знакова

Поглавље садржи резултате деце за препознавање значења саобраћајних знакова, као и резултате времена реаговања на стимулус, који је постављен на различитим висинама саобраћајних знакова. Саобраћајни знакови деци су приказивани на рачунару и у реалном окружењу (на полигону).

6.2.1. Познавање значења саобраћајних знакова на рачунару

Ово поглавље докторске дисертације садржи резултате које су показала деца у познавању значења саобраћајних знакова, у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама на рачунару.

Резултати показују да деца имају најмање тачних одговора за саобраћајне знакове *Забрана саобраћаја за пешаке* и *Забрана саобраћаја за бициклисте* (по 40,8% тачних одговора). Деца која су дала нетачан одговор за један од саобраћајних знакова забране, одговорила су нетачно и за други саобраћајни знак забране. За наведена два саобраћајна знака деца нису сигурна да ли они означавају дозвољено кретање за пешаке и бициклисте или је кретање забрањено за ове две категорије учесника у саобраћају.

У табели бр. 6.7 приказани су резултати Хи-квадрат теста за препознавање значења саобраћајних знакова на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника. Резултати Хи-квадрат теста, за геометријски моделиране саобраћајне знакове на рачунару, показују статистички значајне полне разлике за саобраћајни знак који означава *Стазу резервисану за бициклисте и пешаке* ($\chi^2=7,104$; $p=0,008$) и саобраћајни знак који означава *Близину школе* ($\chi^2=4,420$; $p=0,036$). За први саобраћајни знак, испитаници мушког пола имају већи проценат тачних одговора, док за саобраћајни знак који означава *близину школе*, особе женског пола имају већи проценат тачних одговора.

Постоје статистички значајне разлике према месту становања испитаника, за познавање саобраћајних знакова који су деци приказивани на рачунару, и то за саобраћајне знакове: *Забрана саобраћаја за бицикле* ($\chi^2=4,115$; $p=0,043$) и *Забрана саобраћаја за пешаке* ($\chi^2=4,115$; $p=0,043$), чија значења, у већем проценту, знају деца из руралних средина. Такође, већи проценат тачних одговора имају деца из руралних средина, за саобраћајне знакове: *Близина школе* и *Завршетак пешачке стазе*, што потврђују и резултати Хи-квадрат теста ($\chi^2=5,592$, $p=0,018$; $\chi^2=11,037$, $p<0,001$, респективно). Статистички значајна разлика између средине становања испитаника постоји и за саобраћајне знакове: *Прелаз бицикличке стазе преко коловоза* ($\chi^2=4,185$; $p=0,041$), *Пешачки прелаз* ($\chi^2=22,499$; $p<0,001$) и *Подземни или надземни пешачки пролаз* ($\chi^2=14,843$; $p<0,001$), за које већи проценат тачних одговора имају деца из урбане средине. За саобраћајне знакове: *Близина школе* и *Завршетак пешачке стазе*, постоје статистички значајне разлике између средине становања ($\chi^2=5,592$, $p=0,018$; $\chi^2=11,037$, $p<0,001$), при чему деца из руралне средине имају већи проценат тачних одговора. Саобраћајни знакови: *Прелаз бицикличке стазе преко коловоза* и *Подземни или надземни пешачки пролаз*, не постоје на територији која је репрезентовала руралну средину, па су то потенцијални разлози зашто деца из урбане средине имају већи проценат тачних одговора за два наведена саобраћајна знака.

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за све у раду приказане саобраћајне знакове који су деци презентовани на рачунару. За највећи број приказаних саобраћајних знакова, проценат тачних одговора деце, повећава се са повећањем узраста деце (разреда који похађају). Старија деца имају више искуства и знања, па самим тим имају и већи проценат тачних одговора од млађе деце (табела бр. 6.7).

Табела бр. 6.7 - Резултати Хи-квадрат теста за познавање саобраћајних знакова који су деци презентовани на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Назив и изглед саобраћајног знака	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Забрана саобраћаја за бицикле 	$\chi^2 = 2,376$; $p = 0,123$	Девојчице: 36,7% Дечаци: 44,9%	$\chi^2 = 4,115$; $p = 0,043^*$	Урбана: 35,4% Рурална: 46%	$\chi^2 = 8,225$; $p = 0,042^*$	Први: 30,8% Други: 44% Трећи: 39,1% Четврти: 50%
Забрана саобраћаја за пешаке 	$\chi^2 = 2,376$; $p = 0,123$	Девојчице: 36,7% Дечаци: 44,9%	$\chi^2 = 4,115$; $p = 0,043^*$	Урбана: 35,4% Рурална: 46%	$\chi^2 = 8,225$; $p = 0,042^*$	Први: 30,8% Други: 44% Трећи: 39,1% Четврти: 50%
Стаза резервисана за бициклите и пешаке 	$\chi^2 = 7,104$; $p = 0,008^*$	Девојчице: 79,6% Дечаци: 89,8%	$\chi^2 = 0,351$; $p = 0,553$	Урбана: 83,3% Рурална: 86%	$\chi^2 = 44,387$; $p < 0,001^*$	Први: 92,3% Други: 64% Трећи: 91,3% Четврти: 91,7%
Прелаз бицикличке стазе преко коловоза 	$\chi^2 = 0,346$; $p = 0,556$	Девојчице: 93,9% Дечаци: 91,8%	$\chi^2 = 4,185$; $p = 0,041^*$	Урбана: 95,8% Рурална: 90%	$\chi^2 = 37,484$; $p < 0,001^*$	Први: 80,8% Други: 92% Трећи: 100% Четврти: 100%
Пешачки прелаз 	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 93,9% Дечаци: 93,9%	$\chi^2 = 22,499$; $p < 0,001^*$	Урбана: 100% Рурална: 88%	$\chi^2 = 24,552$; $p < 0,001^*$	Први: 96,2% Други: 84% Трећи: 100% Четврти: 99,8%
Аутобуско стајалиште 	$\chi^2 = 0,466$; $p = 0,495$	Девојчице: 89,3% Дечаци: 91,3%	$\chi^2 = 3,385$; $p = 0,066^*$	Урбана: 87,5% Рурална: 93%	$\chi^2 = 24,552$; $p < 0,001^*$	Први: 96,2% Други: 84% Трећи: 100% Четврти: 99,8%

Подземни или надземни пешачки пролаз 	$\chi^2 = 0,834$; $p = 0,361$	Девојчице: 83,7% Дечаци: 79,6%	$\chi^2 = 14,843$; $p < 0,001^*$	Урбана: 89,6% Рурална: 74%	$\chi^2 = 24,959$; $p < 0,001^*$	Први: 65,4% Други: 88% Трећи: 87% Четврти: 87,5%
Близина школе 	$\chi^2 = 4,420$; $p = 0,036^*$	Девојчице: 75,5% Дечаци: 65,3%	$\chi^2 = 5,592$; $p = 0,018^*$	Урбана: 64,6% Рурална: 76%	$\chi^2 = 49,432$; $p < 0,001^*$	Први: 46,2% Други: 68% Трећи: 87% Четврти: 83,3%
Завршетак пешачке стазе 	$\chi^2 = 0,915$; $p = 0,339$	Девојчице: 81,6% Дечаци: 85,7%	$\chi^2 = 11,037$; $p < 0,001^*$	Урбана: 77,1% Рурална: 90%	$\chi^2 = 40,244$; $p < 0,001^*$	Први: 69,2% Други: 76% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Зона успореног саобраћаја 	$\chi^2 = 1,243$; $p = 0,265$	Девојчице: 49% Дечаци: 42,9%	$\chi^2 = 2,414$; $p = 0,120$	Урбана: 41,7% Рурална: 50%	$\chi^2 = 50,238$; $p < 0,001^*$	Први: 23,1% Други: 36% Трећи: 65,2% Четврти: 62,5%
Излаз у случају опасности 	$\chi^2 = 1,427$; $p = 0,232$	Девојчице: 71,4% Дечаци: 65,3%	$\chi^2 = 2,160$; $p = 0,142$	Урбана: 64,6% Рурална: 72%	$\chi^2 = 55,228$; $p < 0,001^*$	Први: 46,2% Други: 60% Трећи: 78,3% Четврти: 91,7%
*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$						

Дискусија најважнијих резултата

Са аспекта безбедности саобраћаја, веома је битно да деца препознају значења саобраћајних знакова, односно да схвате поруку коју им шаље геометријски симбол на саобраћајном знаку. Анализе резултата познавања саобраћајних знакова, који су деци приказивани на рачунару, показују да деца имају најнижи степен знања у препознавању знакова забране (кретање пешака и бициклиста) (по 40,8% тачних одговора). Деца која одговоре нетачно за један од саобраћајних знакова забране кретања, одговориће нетачно и за други саобраћајни знак. За наведена два саобраћајна знака деца нису сигурна да ли они означавају дозвољено кретање за пешаке и бициклисте или је кретање забрањено за ове две категорије учесника у саобраћају.

На основу резултата Хи квадрат теста, показано је да постоје и статистички значајне полне разлике у препознавању појединих саобраћајних знакова. Саобраћајни знак Стаза резервисана за бициклисте и пешаке, боље препознају особе мушког пола, док саобраћајни знак који означава Близину школе, боље препознају деца женског пола. Податак да постоје значајне полне разлике у опажању симбола на знаковима, код деце, потврђују студије које је 2014. и 2015. године спровела група истраживача на челу са Siu (Siu et al., 2014; Siu et al., 2015).

Деца из руралне средине, за разлику од деце из урбане средине, бележе већи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове: Забрана саобраћаја за бицикле, Забрана саобраћаја за пешаке, Близина школе и Завршетак пешачке стазе. Са друге стране, деца из урбане средине, за разлику од деце из руралне средине, бележе већи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове: Прелаз бициклистичке стазе преко коловоза, Пешачки прелаз и Подземни или надземни пешачки пролаз. Саобраћајни знакови Прелаз бициклистичке стазе преко коловоза и Подземни или надземни пешачки пролаз, не постоје на територији која је репрезентовала руралну средину, па су то потенцијални разлози зашто их деца из ове средине слабије препознају. Даље анализе овог показатеља, које су везане за боју и облик саобраћајних знакова, показују да деца из руралне средине имају (статистички значајно) већи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове који су округлог (црвене, беле, плаве и црне боје) и квадратног (странице 90 cm, зелене и црне боје) облика, док деца из урбане средине бележе већи проценат тачних одговора за правоугаоне и квадратне (странице 60 cm) саобраћајне знакове, који су креирани уз помоћ плаве, беле и црне боје, када одговарају на рачунару.

Постоје статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за све у раду приказане саобраћајне знакове, који су деци презентовани на рачунару. За највећи број приказаних саобраћајних знакова проценат тачних одговора повећава се са повећањем година старости деце (разреда који похађају). Закључује се да старија деца имају више искуства у саобраћају, као и знања о овој области (Plumert and Kearney, 2014; Gitelman et al., 2019), па самим тим и већи проценат тачних одговора од млађе деце, за приказане саобраћајне знакове, који су деци презентовани на рачунару.

6.2.2. Познавање значења саобраћајних знакова на полигону

У овом делу докторске дисертације приказани су резултати, које су показала деца, за познавање значења саобраћајних знакова, у геометријски моделираним саобраћајним ситуацијама, на саобраћајном полигону (у реалном окружењу).

Табела бр. 6.8 приказује резултате Хи-квадрат теста и то према полу, средини становања и разреду испитаника, за познавање саобраћајних знакова, који су деци приказани на геометријски моделираном саобраћајном полигону, у реалном простору. На основу приказаних резултата може се закључити да деца имају најмањи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове Забрана саобраћаја за пешаке и Забрана саобраћаја за бициклисте (по 39,8% тачних одговора).

Резултати Хи-квадрат теста, за саобраћајне знакове представљене у реалном окружењу, на полигону, показали су статистички значајне полне разлике за саобраћајни знак Близина школе ($\chi^2=9,317$; $p=0,002$). За наведени саобраћајни знак деца женског пола имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.8).

Када се анализира средина становања, према резултатима Хи-квадрат теста, постоје статистички значајне разлике за саобраћајне знакове који су деца приказивани на саобраћајном полигону, и то за саобраћајне знакове: Прелаз бицикличке стазе преко коловоза ($\chi^2=4,185$; $p=0,041$), Пешачки прелаз ($\chi^2=22,499$; $p<0,001$), Подземни или надземни пешачки пролаз ($\chi^2=10,576$; $p<0,001$), Близина школе ($\chi^2=5,749$; $p=0,017$) и Завршетак пешачке стазе ($\chi^2=12,148$; $p<0,001$). Од наведених саобраћајних знакова, за саобраћајне знакове који означавају Близину школе и Завршетак пешачке стазе, деца из руралне средине имају већи проценат тачних одговора, док за остале саобраћајне знакове, који су наведени, деца из урбаног подручја имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.8).

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за све у раду приказане саобраћајне знакове, који су испитаницима приказивани на саобраћајном полигону. За наведене саобраћајне знакове, најчешће се, резултат тачних одговора деце, повећава са повећањем разреда који испитаници похађају (табела бр. 6.8).

Табела бр. 6.8 - Резултати Хи-квадрат теста за познавање саобраћајних знакова који су деца презентовани на полигону, према полу, средини становања и разреду испитаника

Назив и изглед саобраћајног знака	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
Забрана саобраћаја за бицикле 	$\chi^2 = 3,844$; $p = 0,051$	Девојчице: 34,7% Дечаџи: 44,9%	$\chi^2 = 2,665$; $p = 0,103$	Урбана: 35,4% Рурална: 44%	$\chi^2 = 12,120$; $p = 0,006^*$	Први: 26,9% Други: 44% Трећи: 39,1% Четврти: 50%
Забрана саобраћаја за пешаке 	$\chi^2 = 3,844$; $p = 0,051$	Девојчице: 34,7% Дечаџи: 44,9%	$\chi^2 = 2,665$; $p = 0,103$	Урбана: 35,4% Рурална: 44%	$\chi^2 = 12,120$; $p = 0,006^*$	Први: 26,9% Други: 44% Трећи: 39,1% Четврти: 50%
Стаза резервисана за бициклисте и пешаке 	$\chi^2 = 2,381$; $p = 0,123$	Девојчице: 81,6% Дечаџи: 87,8%	$\chi^2 = 0,351$; $p = 0,553$	Урбана: 83,3% Рурална: 86%	$\chi^2 = 44,255$; $p < 0,001^*$	Први: 96,2% Други: 64% Трећи: 91,3% Четврти: 87,5%
Прелаз бицикличке стазе преко коловоза 	$\chi^2 = 0,346$; $p = 0,556$	Девојчице: 93,9% Дечаџи: 91,8%	$\chi^2 = 4,185$; $p = 0,041^*$	Урбана: 95,8% Рурална: 90%	$\chi^2 = 44,157$; $p < 0,001^*$	Први: 81,9% Други: 91,6% Трећи: 100% Четврти: 100%

<p>Пешачки прелаз</p> 	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Девојчице: 93,9%</p> <p>Дечаци: 93,9%</p>	$\chi^2 = 22,499$; $p < 0,001^*$	<p>Урбана: 100%</p> <p>Рурална: 88%</p>	$\chi^2 = 25,754$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 93,2%</p> <p>Други: 86%</p> <p>Трећи: 100%</p> <p>Четврти: 99,8%</p>
<p>Аутобуско стајалиште</p> 	$\chi^2 = 0,922$; $p = 0,337$	<p>Девојчице: 87,2%</p> <p>Дечаци: 90,3%</p>	$\chi^2 = 9,042$; $p = 0,081$	<p>Урбана: 85,9%</p> <p>Рурална: 91,5%</p>	$\chi^2 = 49,902$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 70%</p> <p>Други: 93,5%</p> <p>Трећи: 92,7%</p> <p>Четврти: 99%</p>
<p>Подземни или надземни пешачки пролаз</p> 	$\chi^2 = 0,147$; $p = 0,702$	<p>Девојчице: 79,6%</p> <p>Дечаци: 81,6%</p>	$\chi^2 = 10,576$; $p < 0,001^*$	<p>Урбана: 87,5%</p> <p>Рурална: 74%</p>	$\chi^2 = 35,331$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 61,5%</p> <p>Други: 92%</p> <p>Трећи: 87%</p> <p>Четврти: 83,3%</p>
<p>Близина школе</p> 	$\chi^2 = 9,317$; $p = 0,002^*$	<p>Девојчице: 79,6%</p> <p>Дечаци: 65,3%</p>	$\chi^2 = 5,749$; $p = 0,017^*$	<p>Урбана: 66,7%</p> <p>Рурална: 78%</p>	$\chi^2 = 47,845$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 50%</p> <p>Други: 68,2%</p> <p>Трећи: 86,7%</p> <p>Четврти: 87,5%</p>
<p>Завршетак пешачке стазе</p> 	$\chi^2 = 1,021$; $p = 0,312$	<p>Девојчице: 83,7%</p> <p>Дечаци: 87,8%</p>	$\chi^2 = 12,148$; $p < 0,001^*$	<p>Урбана: 79,2%</p> <p>Рурална: 92%</p>	$\chi^2 = 31,679$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 73,1%</p> <p>Други: 80%</p> <p>Трећи: 95,4%</p> <p>Четврти: 95,9%</p>
<p>Зона успореног саобраћаја</p> 	$\chi^2 = /$ $p = /$	<p>Девојчице: 46,9%</p> <p>Дечаци: 46,9%</p>	$\chi^2 = 3,795$; $p = 0,051$	<p>Урбана: 41,7%</p> <p>Рурална: 52%</p>	$\chi^2 = 53,032$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 26,9%</p> <p>Други: 32%</p> <p>Трећи: 65,1%</p> <p>Четврти: 66,7%</p>
<p>Излаз у случају опасности</p> 	$\chi^2 = 1,482$; $p = 0,224$	<p>Девојчице: 73,5%</p> <p>Дечаци: 67,3%</p>	$\chi^2 = 2,189$; $p = 0,139$	<p>Урбана: 66,7%</p> <p>Рурална: 74%</p>	$\chi^2 = 53,385$; $p < 0,001^*$	<p>Први: 50%</p> <p>Други: 60%</p> <p>Трећи: 82,6%</p> <p>Четврти: 92,1%</p>

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$

Дискусија најважнијих резултата

Да би дете решило постављени задатак, у геометријски моделованом саобраћајном окружењу на полигону, који симулира реалну ситуацију у саобраћају, веома је важно да познају значење саобраћајних знакова, који се односе на пешаке и евентуално, на саобраћајне знакове који су намењени бициклистима. Анализе резултата познавања саобраћајних знакова, који су деци приказивани на саобраћајном полигону, показују најмањи проценат тачних одговора приликом препознавања знакова Забране саобраћаја за пешаке и Забране саобраћаја за бициклисте (по 39,8% тачних одговора). Примећено је да су деца веома доследна код препознавања значења ових саобраћајних знакова, јер у случају када одговоре нетачно за један од саобраћајних знакова забране, то чине и за други саобраћајни знак (исто се односи и за тачне одговоре), што је у складу са резултатима других студија (Trifunović et al., 2017a). Деца су имала дилему, приликом препознавања саобраћајних знакова Забрана кретања за пешаке и Забрана кретања за бициклисте, да ли наведени саобраћајни знакови означавају дозвољено кретање за пешаке и бициклисте, или је кретање забрањено за ове две категорије учесника у саобраћају. Она су се на полигону понашала у складу са својим одговорима. Наиме, после датог нетачног одговора, настављају да се крећу путем иза постављених саобраћајних знакова, или ако одговоре тачно, не настављају своје кретање. Наведени резултати показују да деца тумаче саобраћајне знакове на потпуно другачији начин од одраслих особа. Различите студије потврђују приказане резултате и сугеришу да деца, на другачији начин од одраслих особа, опажају знакове, поруке и симболе у различитим областима (Young, 1992; Braun and Silver, 1995; Siu et al, 2014; Siu et al, 2015; Fransman et al, 2018).

Особе женског пола имају већи проценат тачних одговора за саобраћајни знак који означава Близину школе и разлика за познавања овог саобраћајног знака, између полова је статистички значајна. За остале саобраћајне знакове не постоји статистички значајна разлика између полова.

Деца из руралне средине имају већи проценат тачних одговора (статистички значајне разлике) за саобраћајне знакове Близина школе и Завршетак пешачке стазе. Са друге стране, деца из урбане средине имају већи проценат тачних одговора (статистички значајне разлике) за саобраћајне знакове: Прелаз бицикличке стазе преко коловоза, Пешачки прелаз и Подземни или надземни пешачки пролаз. Саобраћајни знакови Прелаз бицикличке стазе преко коловоза и Подземни или надземни пешачки пролаз, не постоје на територији која је репрезентовала руралну средину, па је то потенцијални разлог мањег броја тачних одговора, него код деце из урбане средине. Детаљније анализе, које се односе на облик и боју саобраћајних знакова, дале су занимљиве резултате. Деца из руралне средине бележе статистички значајно већи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове округлог (плаве, црвене, и беле боје) и квадратног (странице 90 cm, зелене и црне боје) облика, док деца из урбане средине, бележе већи проценат тачних одговора за правоугаоне и квадратне (странице 60 cm) саобраћајне знакове, када одговарају на саобраћајном полигону, у реалном окружењу.

Постоје статистички значајне разлике између разреда који похађају испитаници, за све у раду приказане саобраћајне знакове, који су деци презентовани на саобраћајном полигону, у реалном окружењу. За највећи број приказаних саобраћајних знакова проценат тачних одговора, повећава се са повећањем узраста деце (разреда који похађају). Старија деца имају више искуства и знања, па самим тим и већи проценат тачних одговора од млађе.

6.2.3. Упоредна анализа познавања значења саобраћајних знакова на рачунару и на полигону

Резултати упоредне анализе препознавања значења саобраћајних знакова на полигону и на рачунару, приказани су у наставку рада.

Не постоје статистички значајне разлике између резултата које су деца постигла при препознавању значења саобраћајних знакова, на рачунару и у реалности, на полигону, за саобраћајне знакове изричитих наредби. На графику бр. 6.7 може се видети да су резултати препознавања значења саобраћајних знакова изричитих наредби врло слични, у оба окружења.

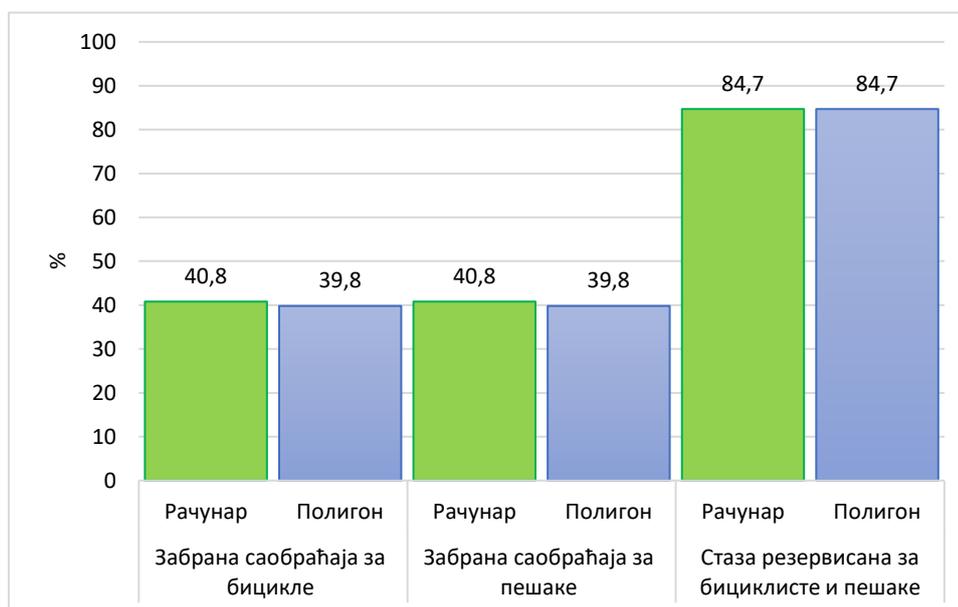


График бр. 6.7 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова изричитих наредби – рачунар и полигон

Када се анализирају резултати препознавања знакова обавештења, приказани на графику бр. 6.8, може се закључити да нема велике разлике у тачним одговорима деце, у зависности од окружења у коме су тестирана. Резултати McNemar-овог теста показују статистички значајне разлике, између резултата деце, када препознају саобраћајни знак Аутобуско стајалиште на рачунару и на полигону ($p=0,031$). Већи проценат тачних одговора је добијен када су деца одговарала приликом приказа на рачунару (90,3%), него у реалном окружењу, на полигону (88,8%).

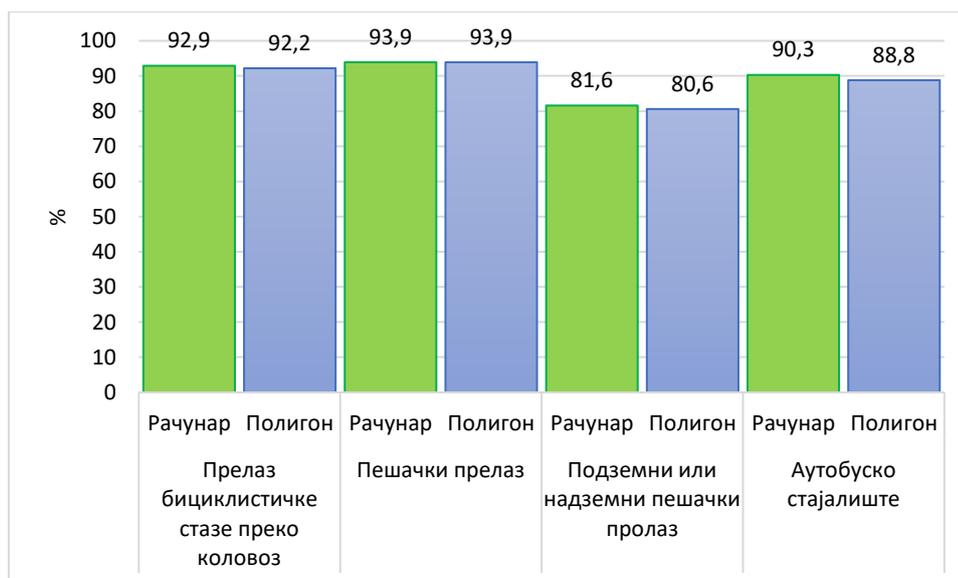


График бр. 6.8 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова обавештења (1) – рачунар и полигон

Према резултатима McNemar-овог теста, статистички значајне разлике између резултата деце, када препознају саобраћајне знакове, на рачунару и на полигону, постоје за саобраћајни знак Близина школе ($p=0,008$). Деца бележе већи проценат тачних одговора када одговарају у реалном окружењу, односно на полигону (72,4%), за разлику од ситуације када одговарају на рачунару (70,4%). За остале саобраћајне знакове не постоји статистички значајна разлика између окружења у којима деца решавају задатак, а проценти тачних одговора су веома слични за два начина тестирања, односно, када деца одговарају на рачунару и на полигону (график бр. 6.9).

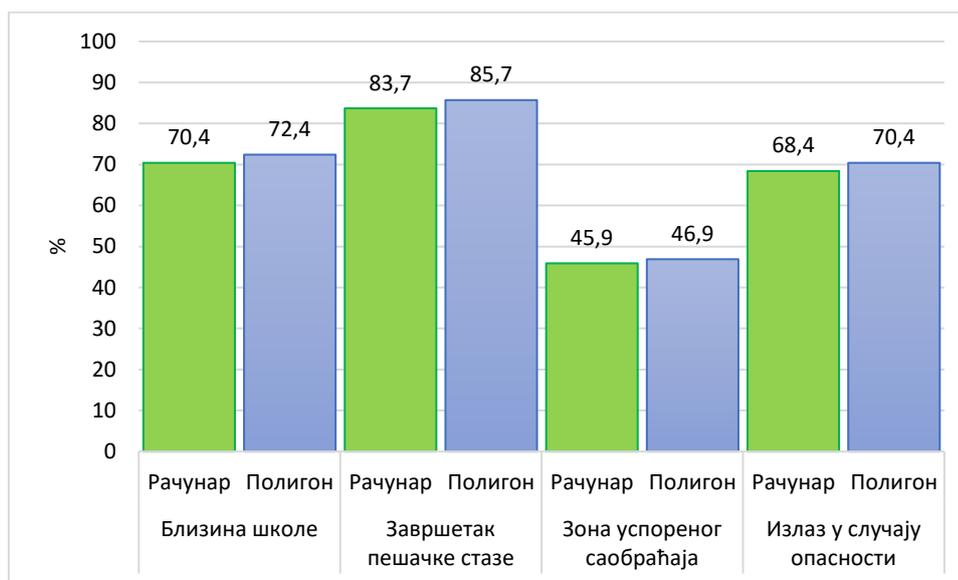


График бр. 6.9 - Процент тачних одговора деце за познавање саобраћајних знакова обавештења (2) – рачунар и полигон

На графику бр. 6.10 приказан је проценат тачних одговора деце за препознавање значења саобраћајних знакова, у зависности у којем окружењу су прво тестирана. Деца, која су прво тестирана на полигону, бележе већи проценат тачних одговора на рачунару (77,5%), него на полигону (76,6% тачних одговора). Са друге стране, деца која су прво тестирана на рачунару, имају такође већи проценат тачних одговора на рачунару (85,9%), у поређењу са процентом тачних одговора на другом тестирању, на полигону (84,5%).

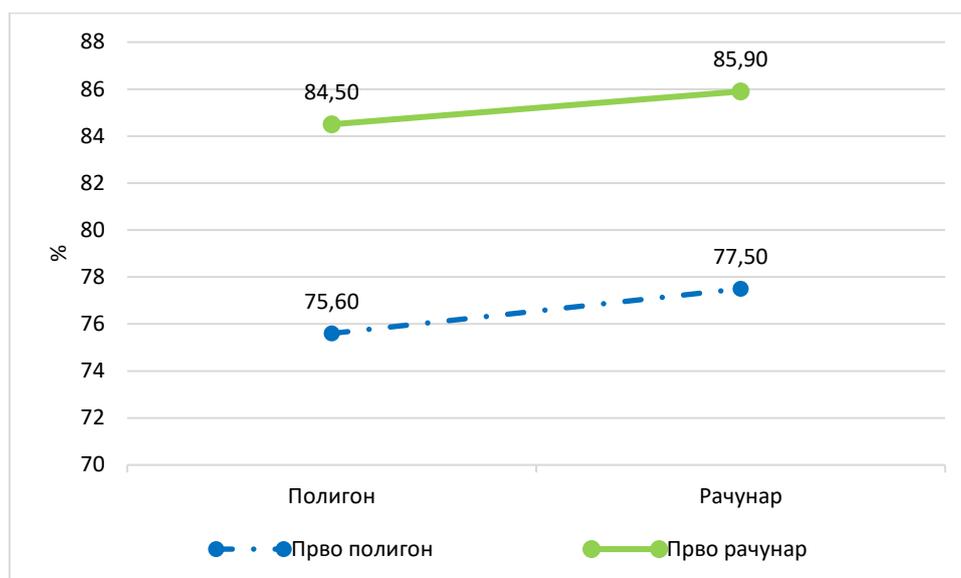


График бр. 6.10 - Процент тачних одговора деце за препознавање значења саобраћајних знакова у зависности у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону)

Анализом свих добијених резултата о препознавању значења саобраћајних знакова, може се закључити да окружење тестирања нема великог, односно, да деца, уколико знају значење саобраћајног знака, дају тачне одговоре у оба тестирана окружења. Овакав резултат у многоме олакшава поступак едукације деце, што значи, да деца могу да уче значење саобраћајних знакова у школи, или код куће (на рачунару), а потом ће стечено знање моћи да примене у стварном саобраћајном окружењу. Како би се омогућило деци да лакше савладају значење геометријских симбола на саобраћајним знаковима, за едукативне сврхе се могу ефикасно користити рачунари.

На основу резултата приказаних у овој студији, конструисан је модел предвиђања резултата деце за познавање значења саобраћајних знакова на полигону, на основу резултата деце за познавање значења саобраћајних знакова приказаних на рачунару. Коришћен је модел једноструке линеарне регресије који за предикторску варијаблу узима резултат деце за познавање значења саобраћајних знакова на полигону у саобраћајним ситуацијама које су приказане на рачунару ($Z_{\text{рачунар}}$), док за критеријумску варијаблу узима резултате деце за познавање значења саобраћајних знакова који су приказивани деци на полигону ($Z_{\text{полигон}}$). Како је $p < 0,001$, варијабла $Z_{\text{рачунар}}$ значајно утиче на варијаблу $Z_{\text{полигон}}$. Коefицијент детерминације износи 0,878, и модел објашњава 87,8% варијансе познавања значења саобраћајних знакова на полигону. На график бр. 6.11 приказана је једначина једноструке линеарне регресије (6.2) и дијаграм расипања за понашање деце у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону и на рачунару.

$$Z_{\text{полигон}} = 0,979 * Z_{\text{рачунар}} \quad (6.2)$$

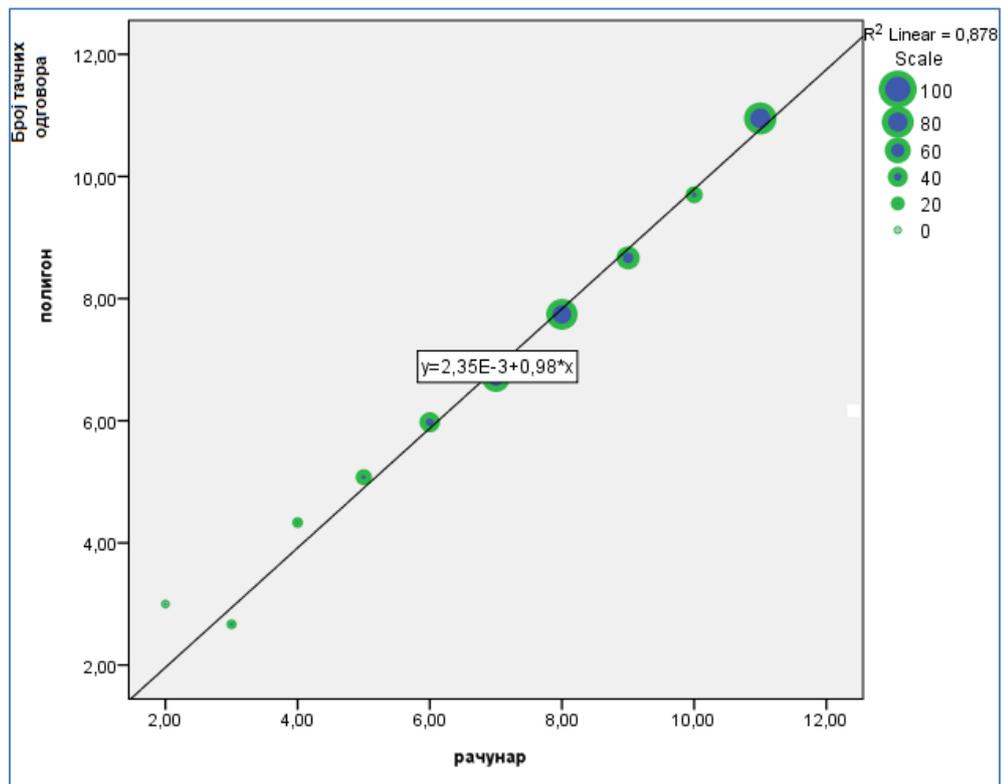


График бр. 6.11 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за познавање значења саобраћајних знакова

- *Опажање саобраћајних знакова од стране деце*

На основу резултата о препознавању значења саобраћајних знакова може се закључити да деца имају најмањи проценат тачних одговора за саобраћајне знакове Забрана саобраћаја за пешаке (слика бр. 6.1) и Забрана саобраћаја за бициклисте (слика бр. 6.2) (по 39,8% тачних одговора на полигону и 40,8% тачних одговора на рачунару). За оба наведена саобраћајна знака, деца нису сигурна да ли означавају дозвољено кретање за пешаке и бициклисте, или је кретање забрањено за ове две категорије учесника у саобраћају. Непрепознавање поруке коју носе наведена два саобраћајна знака, може довести децу пешаке и децу бициклисте у небезбедне саобраћајне ситуације. На основу одговора деце и њихових предлога, геометријски су моделирана два нова саобраћајна знака, који се односе на Забрану саобраћаја за пешаке (слика бр. 6.3) и Забрану саобраћаја за бициклисте (слика бр. 6.4). По завршетку тестирања, деци су показана предложена два саобраћајна знака забране и сва деца су одговорила да саобраћајни знакови, на местима где су постављени, забрањују кретање пешацима, односно бициклистима. Предложени саобраћајни знакови приказују једнозначну поруку свим учесницима у саобраћају и могу значајно да допринесу унапређењу безбедности саобраћаја, пре свега, деце пешака и деце бициклиста.

Постојећи саобраћајни знакови

Слика бр. 6.1 -
Забрана саобраћаја
за пешаке (II-17)



Слика бр. 6.2 -
Забрана саобраћаја
за бицикле (II-14)



Слика бр. 6.3 -
Предлог саобраћајног
знака Забрана
саобраћаја за пешаке



Слика бр. 6.4 -
Предлог саобраћајног
знака Забрана
саобраћаја за бицикле

У разговору са децом и праћењем њиховог понашања на полигону, када виде одређени симбол на задатим саобраћајним знаковима, могло се запазити небезбедно понашање када угледају саобраћајни знак Близина школе (III-11) (слика бр. 6.5). Чак 39% деце која су учествовала у овом истраживању одговорило је да наведени саобраћајни знак дозвољава деци да трче (преко улице), што је у сагласности са понашањем на полигону, где су претрчавала улицу, или трчала по тротоару. Одређен број деце зна тачно значење саобраћајног знака, међутим, у разговору са њима је уочено да их он асоцира на дозвољено трчање. Иако овај саобраћајни знак није намењен пешацима, већ возачима, он се налази у близини сваке школе и код деце може да „изазове“ небезбедно понашање. На основу одговора деце и њихових сугестија, геометријски је моделиран нови саобраћајни знак, приказан на слици бр. 6.6. Када је на крају тестирања деци показан нови саобраћајни знак, ни једно дете није одговорило да га наведени саобраћајни знак асоцира на трчање, или да саобраћајни знак дозвољава трчање. Такође, предложени саобраћајни знак би недвосмислено обављао и своју првобитну намену за возаче, којима би било јасно да се ради о близини школе.



Слика бр. 6.5 - Изглед саобраћајног знака
Близина школе



Слика бр. 6.6 - Предлог саобраћајног знака
Близина школе

Деца, због својих физичких карактеристика, имају проблем визуелног опажања саобраћајних знакова, чија је доња ивица постављена на не нижем растојању од 2,2 m од тла (за саобраћајне знакове постављене у насељу) (Правилник о саобраћајној сигнализацији, 2017). Из наведеног разлога, вршено је тестирање времена реаговања на светлосни стимулус, који се налази на саобраћајном знаку. Саобраћајни знак је постављен на три различите висине: 1,6 m, 1,9 m и 2,2 m у односу на тло (детаљан опис експеримента дат је у поглављу 5.4.2.2.). У табели бр. 6.9 приказани су резултати тестирања (време реакције представља средњу вредност три покушаја, за сваку од три висине, у секундама). Може се закључити да деца имају најкраће време реакције за саобраћајни знак постављен на висини од 1,9 m, док је најдуже време реакције за највиши саобраћајни знак.

Табела бр. 6.9 - Време реакције деце у зависности од висине саобраћајног знака

Висина доње ивице саобраћајног знака	Време реакције [s]
1,6 m	0,273
1,9 m	0,265
2,2 m	0,317

Експеримент у коме деца реагују на појаву стимулуса, на саобраћајном знаку, је спроведен и помоћу приказа на рачунару. Деца су имала задатак, када им се на рачунару појави саобраћајни знак, да притисну екран осетљив на додир, да би се одредило време реакције, у виртуелном окружењу. Просечно време реакције деце износило је 0,251 s, што је знатно краће од времена реакције испитиване на полигону, за све три различите висине саобраћајног знака. Овакав резултат даје добру основу за увођење саобраћајних знакова за децу помоћу различитих облика расвете (матрични саобраћајни знакови у боји, или саобраћајни знакови приказани помоћу LED диода).

Дискусија најважнијих резултата

Резултати упоредне анализе препознавања значења саобраћајних знакова на полигону и на рачунару, показују статистички значајне разлике између резултата деце за саобраћајне знакове: Близина школе и Аутобуско стајалиште. За саобраћајни знак Близина школе, деца имају већи проценат тачних одговора, када одговарају у реалном окружењу, односно на полигону, док са друге стране, за саобраћајни знак Аутобуско стајалиште, деца имају већи проценат тачних одговора, када одговарају на рачунару. За остале саобраћајне знакове не постоје статистички значајне разлике између резултата који су деца постигла при препознавању значења саобраћајних знакова на рачунару и у реалности, односно на полигону.

Анализом свих добијених резултата о препознавању значења саобраћајних знакова, може се закључити да начин тестирања нема великог утицаја, односно да деца уколико знају значење саобраћајног знака, знаће тачно да одговоре у оба тестирана окружења. Овакав резултат у многоме олакшава поступак едукације деце, јер омогућава да деца науче значење саобраћајних знакова у школи или код куће и највероватније ће знати значење тих саобраћајних знакова, у ситуацијама док учествују у саобраћају. Како би се деца омогућило још лакше да савладају значење геометријских симбола на саобраћајним знаковима, сугерише се употреба рачунара у едукацији деце. На основу резултата приказаних у овој студији, конструисан је модел предвиђања резултата деце за познавање значења саобраћајних знакова на полигону, на основу резултата деце за познавање значења саобраћајних знакова који су приказани на рачунару (једначина 6.2). Примена геометријског моделирања саобраћајних знакова у виртуелном и реалном простору оправдала је своју улогу у добијању излазних резултата, који се могу на даље примењивати у пракси за едукацију и тестирање деце у школама, пре него што изађу у реално саобраћајно окружење.

Најмањи проценат тачних одговора деца су показала за препознавање саобраћајних знакова Заврана саобраћаја за пешаке и Заврана саобраћаја за бициклисте. За наведена два саобраћајна знака деца нису сигурна да ли они означавају дозвољено кретање за пешаке и бициклисте, или је кретање забрањено за ове две категорије учесника у саобраћају. Непрепознавање поруке коју носе наведена два саобраћајна знака могу довести децу пешаке и децу бициклисте, у небезбедне ситуације, односно, до тога да се деца крећу на местима на

којима им то није дозвољено. На основу анализе резултата и предлога деце, геометријски су моделирана два нова саобраћајна знака, који се односе на Забрану саобраћаја за пешаке (слика бр. 6.3) и Забрану саобраћаја за бициклисте (слика бр. 6.4). Када су деца тестирана за познавање значења ново-креирана два саобраћајна знака, сва деца су одговорила тачно, односно дала су одговор да приказани саобраћајни знакови забрањују кретање пешацима, односно бициклистима. Предложени саобраћајни знакови дају једнозначну поруку свим учесницима у саобраћају, па и деци. Такође, предложени саобраћајни знакови могли би да допринесу унапређењу безбедности саобраћаја, пре свега, деце пешака и деце која у саобраћају учествују као бициклисти.

Још један саобраћајни знак деца схватају двосмислено и небезбедно се понашају када га опазе. То је саобраћајни знак Близина школе (III-11) (слика бр. 6.5). Символ на саобраћајном знаку децу „наводи“ на трчање, односно деца симбол на саобраћајном знаку тумаче као зону у којој им је дозвољено трчање (преко улице). Иако овај саобраћајни знак није намењен пешацима, већ возачима и налази се у близини сваке школе, код деце може да „изазове“ небезбедно понашање. На основу одговора деце и њихових сугестија, геометријски је моделиран нови саобраћајни знак приказан на слици бр. 6.6. Када су деца тестирана за познавање значење новог саобраћајног знака, ни једно дете није одговорило да га ново-креирани саобраћајни знак асоцира на трчање. Са друге стране, предложени саобраћајни знак би недвосмислено обављао првобитну намену и код возача, из разлога сличности са постојећим. Применом геометријског моделирања у креирању нових, или малим корекцијама постојећих саобраћајних знакова, пружају се нове могућности унапређења безбедности свих учесника у саобраћају, а посебно деце. Резултат који показује овај експеримент, а то је да деца не схватају значење и поруку на знаковима као и одрасли, потврђују и резултати бројних студија у различитим областима истраживања (Waterson and Monk, 2014; Huseth-Zosel and Orr, 2015; Siu et al, 2015; Trifunović et al, 2017a; Siu et al, 2017).

Резултати представљени у раду указују да деца због својих физичких карактеристика, имају проблем да уоче саобраћајне знакове, чија је доња ивица постављена на не нижем растојању од 2,2 m од тла (за саобраћајне знакове постављене у насељу). Резултати приказане студије показују да деца имају најкраће време реакције, односно најпре уоче саобраћајни знак постављен на висини 1,9 m, док је најдуже време реакције за највиши саобраћајни знак (2,2 m). Још један од резултата који се може издвојити је да деца имају краће време реакције за саобраћајни знак који је представљен на рачунару, него за стандардни саобраћајни знак. Времена реакције деце су у границама времена реакције деце сличних узраста, за сличне стимулусе у оквиру до сада спроведених истраживања (Pellizzer and Hauert, 1996; Kiselev et al, 2009; Epstein et al, 2011; Zeuwts et al, 2017; Trifunović et al, 2018ђ). Овакав резултат даје добру основу за увођење саобраћајних знакова за децу, који користе различите облике осветљења (матрични саобраћајни знакови у боји, саобраћајни знакови са LED диодама), као и различите поруке на светлећим екранима. Како наведено унапређење захтева више новчаних средстава, оно се може искористити и применити у практичним условима, само у близини школе, где је највећа концентрација деце, или на местима која су процењена као опасна за кретање деце, јер ставља акценат на важност поруке неопходне за њихово безбедно учествовање у саобраћају.

6.3. Геометријски тест (опажање простора, боја и цртање геометријских облика)

Поглавље садржи резултате које су остварила деца на геометријском тесту, у којем су имали задатак да цртају и боје геометријске облике, који су постављени у задатом простору. Геометријски тест је деци приказиван у два различита окружења, а деца су тест решавала на два различита медијума. У виртуелном окружењу, на рачунару, геометријски тест су деца решавала цртањем и бојењем геометријских облика на рачунару. Реално окружење (хол школске установе) је друго окружење у којем је деци приказиван геометријски тест, а који су деца решавала цртањем и бојењем геометријских облика на папиру.

6.3.1. Геометријски тест у виртуелном окружењу - на рачунару

Наведено поглавље приказује резултате деце постигнуте на геометријском тесту, који су решавали на рачунару.

У зависности од образовне установе у којима је вршен експеримент, разликују се и облици просторија, у којима се реализовао експеримент. Анализом прикупљених података утврђено је да не постоје статистички значајне разлике између облика виртуелне просторије у којој су постављене кутије (квадратни, крстасти и Т-облик просторија) и било којег од задатака које су деца решавала на рачунару.

Према резултатима Хи-квадрат теста, за цртање кутија, које су деца презентоване на рачунару, не постоје статистички значајне полне разлике ни за један од задатака (табела бр. 6.10).

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између средине становања испитаника, при цртању величине кутије, на рачунару ($\chi^2=24,999$; $p<0,001$). Деца из руралне средине цртају тачну величину кутија, у већем проценту од деце из урбане средине (50% тачних одговора деце из руралне средине и 25% тачних одговора деце из урбане средине) (табела бр. 6.10).

У табели бр. 6.10 приказани су резултати Хи-квадрат теста, који указују на статистички значајне разлике између узраста деце за број нацртаних кутија ($\chi^2=11,800$; $p=0,008$) и величину нацртаних кутија ($\chi^2=13,616$; $p=0,003$). За оба задатка може се закључити да је највећа разлика у тачним одговорима између деце другог и трећег разреда, у корист старије групе деце.

Према резултатима Friedman-овог теста, постоје статистички значајне разлике између оцена положаја нацртаних кутија на рачунару, у зависности од боје кутије ($p<0,001$). Деца имају највишу оцену за цртање тачног положаја плаве кутије (8,79), затим зелене (8,47), следи оцена за жуту кутију (8,39), док најнижу оцену имају за цртање положаја црвене кутије (8,37).

Резултати Mann-Whitney теста, указују на статистички значајне полне разлике при цртању положаја кутије и то за оцене положаја: свих нацртаних кутија (све четири кутије) ($Z=-2,652$; $p=0,008$), зелене ($Z=-3,458$; $p=0,001$), плаве ($Z=-2,947$; $p=0,003$) и црвене ($Z=-2,271$; $p=0,023$) кутије. За све наведене положаје, особе женског пола цртају прецизније кутије у простору, за разлику од особа мушког пола (табела бр. 6.11).

Табела бр. 6.10 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за цртање кутија на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Број нацртаних кутија	$\chi^2 = 2,273$; $p = 0,132$	Девојчице: 100% Дечаци: 98%	$\chi^2 = 2,400$; $p = 0,121$	Урбана: 97,9% Рурална: 100%	$\chi^2 = 11,800$; $p = 0,008^*$	Први: 100% Други: 96% Трећи: 100% Четврти: 100%
Облик нацртаних кутија	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 100% Дечаци: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 100% Рурална: 100%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Први: 100% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%
Величина нацртаних кутија	$\chi^2 = 1,313$; $p = 0,252$	Девојчице: 34,7% Дечаци: 40,8%	$\chi^2 = 24,999$; $p < 0,001^*$	Урбана: 25% Рурална: 50%	$\chi^2 = 13,616$; $p = 0,003^*$	Први: 30,8% Други: 28% Трећи: 43,5% Четврти: 50%
Цртање кутија у три димензије	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 0% Дечаци: 0%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 0% Рурална: 0%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Први: 0% Други: 0% Трећи: 0% Четврти: 0%
Украшавање кутија	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 0% Дечаци: 0%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 0% Рурална: 0%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Први: 0% Други: 0% Трећи: 0% Четврти: 0%

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$

Када се анализирају разлике према месту становања, резултати Mann-Whitney теста показују статистички значајне разлике за цртање положаја жуте ($Z=-3,153$; $p=0,002$) и зелене кутије ($Z=-3,159$; $p=0,002$). Испитаници из руралне средине прецизније цртају жуту кутију, док испитаници из урбане средине прецизније цртају зелену кутију (табела бр. 6.11).

Резултати Kruskal Wallis теста показују статистички значајне разлике између узраста деце и оцене положаја свих нацртаних кутија (све четири кутије) ($\chi^2=50,551$; $p<0,001$), као и оцене положаја жуте ($\chi^2=25,906$; $p<0,001$), зелене ($\chi^2=37,925$; $p<0,001$), плаве ($\chi^2=18,632$; $p<0,001$) и црвене ($\chi^2=43,776$; $p<0,001$) кутије. У највећем броју случајева, висина оцене положаја нацртане кутије повећава се са повећањем узраста деце (табела бр. 6.11).

Табела бр. 6.11 - Резултати Mann-Whitney и Kruskal Wallis тестова и просечна вредност оцена положаја на рачунару нацртаних кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Mann-Whitney test	Просечна оцена	Mann-Whitney test	Просечна оцена	Kruskal Wallis test	Просечна оцена
Оцена положаја нацртаних кутија (све четири кутије)	$Z = -2,652$; $p = 0,008^*$	Девојчице: 8,64 Дечаци: 8,37	$Z = -0,014$; $p = 0,989$	Урбана: 8,57 Рурална: 8,45	$\chi^2 = 50,551$; $p < 0,001^*$	Први: 8,20 Други: 8,23 Трећи: 8,91 Четврти: 8,73
Оцена положаја - ЖУТА	$Z = -0,022$; $p = 0,983$	Девојчице: 8,34 Дечаци: 8,45	$Z = -3,153$; $p = 0,002^*$	Урбана: 8,28 Рурална: 8,50	$\chi^2 = 25,906$; $p < 0,001^*$	Први: 8,15 Други: 8,0 Трећи: 8,59 Четврти: 8,88
Оцена положаја - ЗЕЛЕНА	$Z = -3,458$; $p = 0,001^*$	Девојчице: 8,78 Дечаци: 8,17	$Z = -3,159$; $p = 0,002^*$	Урбана: 8,71 Рурална: 8,25	$\chi^2 = 37,925$; $p < 0,001^*$	Први: 7,92 Други: 8,28 Трећи: 9,0 Четврти: 8,77
Оцена положаја - ПЛАВА	$Z = -2,947$; $p = 0,003^*$	Девојчице: 8,90 Дечаци: 8,67	$Z = -0,364$; $p = 0,716$	Урбана: 8,93 Рурална: 8,65	$\chi^2 = 18,632$; $p < 0,001^*$	Први: 8,88 Други: 8,60 Трећи: 9,04 Четврти: 8,63
Оцена положаја - ЦРВЕНА	$Z = -2,271$; $p = 0,023^*$	Девојчице: 8,54 Дечаци: 8,19	$Z = -0,687$; $p = 0,492$	Урбана: 8,35 Рурална: 8,38	$\chi^2 = 43,776$; $p < 0,001^*$	Први: 7,85 Други: 8,02 Трећи: 9,02 Четврти: 8,67

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$

На основу резултата Cochran's Q теста, може се закључити да постоје статистички значајне разлике између тачности бојења кутије и различитих боја кутија ($p < 0,001$). Деца имају највећи проценат тачно обојених кутија за жуту (79,6%), затим црвену (75,5%), следи плава (72,4%) и најмање тачних одговора, за зелену кутију (70,4%). Када се анализира редослед обиласка кутија, деца најтачније боје прву и последњу кутију коју виде, док за кутије које виде другу и трећу по реду имају најмањи проценат тачних одговора.

На основу резултата Хи-квадрат теста, може се закључити да постоје статистички значајне полне разлике за бојење све четири кутије ($\chi^2=6,353$; $p=0,012$), као и за зелену ($\chi^2=4,420$; $p=0,036$) и плаву кутију ($\chi^2=4,614$; $p=0,032$), појединачно. Девојчице имају већи проценат тачно обојених кутија, за разлику од дечака (табела бр. 6.12).

Резултата Хи-квадрат теста показују да не постоје статистички значајне разлике између средине становања испитаника и тачности бојења кутија.

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и тачности бојења свих кутија (све четири кутије) ($\chi^2=107,679$; $p < 0,001$), као и за тачност бојења жуте ($\chi^2=85,212$; $p < 0,001$), зелене ($\chi^2=118,832$; $p < 0,001$), плаве ($\chi^2=93,598$; $p < 0,001$) и црвене ($\chi^2=106,911$; $p < 0,001$) кутије. Тачност бојења кутија повећава се са повећањем узраста деце (табела бр. 6.12).

Резултати Cochran's Q теста показују статистички значајне разлике између боја кутија и прелажења линије при бојењу ($p < 0,001$), када деца задатак решавају на рачунару. Деца најмање прелазе линију која означава границу кутије, када боје жуту и плаву кутију (27,6% и 21,4% деце исправно обоји наведене кутије, респективно), док највише прелазе линију када боје црвену и зелену кутију (по 15,3% деце исправно обоји наведене кутије).

Резултата Хи-квадрат теста показују статистички значајне полне разлике за прелажење граничне линије при бојењу зелене ($\chi^2=7,104$; $p=0,008$) и плаве кутије ($\chi^2=5,470$; $p=0,019$). У оба наведена резултата особе женског пола прецизније боје кутије, односно мање прелазе линију при бојењу кутија, за разлику од особа мушког пола (табела бр. 6.13).

На основу резултата Хи-квадрат теста, може се закључити да не постоје статистички значајне разлике између средине становања испитаника и прелажења граничне линији, при бојењу кутија на рачунару.

Представљени резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и прелажења граничне линије при бојењу свих кутија (све четири кутије) ($\chi^2=54,468$; $p < 0,001$), а затим при бојењу жуте ($\chi^2=102,549$; $p < 0,001$), зелене ($\chi^2=80,424$; $p < 0,001$), плаве ($\chi^2=86,377$; $p < 0,001$) и црвене ($\chi^2=74,735$; $p < 0,001$) кутије. Прелажење граничне линије при бојењу кутија смањује се са повећањем узраста деце, односно старија деца имају већи број прецизно обојених кутија (табела бр. 6.13).

Табела бр. 6.12 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за бојење одговарајућим бојама кутије на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Бојење кутија** (број кутије у низу)	$\chi^2 = 6,353;$ $p = 0,012^*$	Девојчице: 75,5% Дечаци: 63,3%	$\chi^2 = 249;$ $p = 0,618$	Урбана: 70,8% Рурална: 68%	$\chi^2 = 107,679$ $p < 0,001^*$	Први: 38,5% Други: 56% Трећи: 91,3% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ЖУТА (I кутија)	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 79,6% Дечаци: 79,6%	$\chi^2 = 0,006;$ $p = 0,937$	Урбана: 79,2% Рурална: 80%	$\chi^2 = 85,212;$ $p < 0,001^*$	Први: 53,8% Други: 72% Трећи: 95,7% Четврти: 100%
Боја кутије – ЗЕЛЕНА (II кутија)	$\chi^2 = 4,420;$ $p = 0,036^*$	Девојчице: 75,5% Дечаци: 65,3%	$\chi^2 = 0,005;$ $p = 0,944$	Урбана: 70,8% Рурална: 70%	$\chi^2 = 118,832;$ $p < 0,001^*$	Први: 38,5% Други: 56% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ПЛАВА (III кутија)	$\chi^2 = 4,614;$ $p = 0,032^*$	Девојчице: 77,6% Дечаци: 67,3%	$\chi^2 = 0,346;$ $p = 0,556$	Урбана: 70,8% Рурална: 74%	$\chi^2 = 93,598;$ $p < 0,001^*$	Први: 42,3% Други: 64% Трећи: 91,3% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ЦРВЕНА (IV кутија)	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 75,5% Дечаци: 75,5%	$\chi^2 = 0,013;$ $p = 0,910$	Урбана: 75% Рурална: 76%	$\chi^2 = 106,911;$ $p < 0,001^*$	Први: 46,2% Други: 64% Трећи: 100% Четврти: 95,8%

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$;
** Тачно решеним задатком подразумева се да су деца исправном бојом обојила све четири кутије.

Табела бр. 6.13 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат прецизно обојених кутија на рачунару, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Прелажење линија при бојењу**	$\chi^2 = 1,667$; $p = 0,197$	Девојчице: 10,2% Дечаци: 6,1%	$\chi^2 = 1,994$; $p = 0,158$	Урбана: 10,4% Рурална: 6%	$\chi^2 = 54,468$; $p < 0,001^*$	Први: 0% Други: 0% Трећи: 8,7% Четврти: 25%
Прелажење линија – ЖУТА	$\chi^2 = 1,546$ $p = 0,214$	Девојчице: 30,6% Дечаци: 24,5%	$\chi^2 = 0,989$; $p = 0,320$	Урбана: 30% Рурална: 25%	$\chi^2 = 102,549$; $p < 0,001^*$	Први: 3,8% Други: 12% Трећи: 34,8% Четврти: 62,5%
Прелажење линија – ЗЕЛЕНА	$\chi^2 = 7,104$; $p = 0,008^*$	Девојчице: 20,4% Дечаци: 10,2%	$\chi^2 = 0,351$; $p = 0,553$	Урбана: 16,7% Рурална: 14%	$\chi^2 = 80,424$; $p < 0,001^*$	Први: 0% Други: 4% Трећи: 17,4% Четврти: 41,7%
Прелажење линија – ПЛАВА	$\chi^2 = 5,470$ $p = 0,019^*$	Девојчице: 26,5% Дечаци: 16,3%	$\chi^2 = 1,307$; $p = 0,253$	Урбана: 18,8% Рурална: 24%	$\chi^2 = 86,377$; $p < 0,001^*$	Први: 3,8% Други: 12% Трећи: 19% Четврти: 54,2%
Прелажење линија – ЦРВЕНА	$\chi^2 = 2,381$; $p = 0,123$	Девојчице: 18,4% Дечаци: 12,2%	$\chi^2 = 1,881$; $p = 0,170$	Урбана: 12,5% Рурална: 18%	$\chi^2 = 74,735$; $p < 0,001^*$	Први: 0% Други: 8% Трећи: 13% Четврти: 41,7%

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$;
** Тачно решеним задатком подразумева се да деца нису прешла границу кутије при бојењу, ни за једну од четири кутије.

Резултати Cochran's Q теста показују да нема статистички значајних разлика између опажања објеката, који се деци налазе са леве или десне стране, односно испред њих ($p=0,424$), када задатак решавају на рачунару.

На основу резултата Хи-квадрат теста, може се закључити да постоје статистички значајне полне разлике за опажање објеката ИСПРЕД ($\chi^2=5,406$; $p=0,020$). Девојчице боље опажају и памте објекат који се налазио испред њих, за разлику од мушких испитаника (табела бр. 6.14).

Резултата Хи-квадрат теста показују да не постоје статистички значајне разлике између средине становања испитаника и опажања објеката који су се налазили ЛЕВО, ДЕСНО и ИСПРЕД испитаника.

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и опажања објеката са ЛЕВЕ ($\chi^2=161,534$; $p<0,001$), односно са ДЕСНЕ ($\chi^2=82,969$; $p<0,001$) стране, као и објекта који се налазио ИСПРЕД испитаника ($\chi^2=58,457$; $p<0,001$). Тачност опажања кутија повећава се са повећањем узраста деце (табела бр. 6.14).

Табела бр. 6.14 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за опажање објеката у зависности са које се стране испитаника налази, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Опажање објеката са ЛЕВЕ стране	$\chi^2=1,939$; $p=0,164$	Девојчице: 74,8% Дечаци: 69,5%	$\chi^2=0,002$; $p=0,961$	Урбана: 72,4% Рурална: 72%	$\chi^2=161,534$; $p<0,001^*$	Први: 41,8% Други: 62,4% Трећи: 93,2% Четврти: 95,5%
Опажање објеката са ДЕСНЕ стране	$\chi^2=0,060$; $p=0,806$	Девојчице: 74,9% Дечаци: 76,2%	$\chi^2=1,001$; $p=0,3175$	Урбана: 73,5% Рурална: 77,6%	$\chi^2=82,969$; $p<0,001^*$	Први: 52,1% Други: 68,9% Трећи: 91,4% Четврти: 92,4%
Опажање објеката ИСПРЕД	$\chi^2=5,406$; $p=0,020^*$	Девојчице: 80,1% Дечаци: 69,4%	$\chi^2=0,053$; $p=0,818$	Урбана: 75,5% Рурална: 74%	$\chi^2=58,457$; $p<0,001^*$	Први: 52,9% Други: 66% Трећи: 90,2% Четврти: 92,7%

*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$

Дискусија најважнијих резултата

За самостално безбедно учествовање деце у саобраћају, неопходно је добро опажање простора и боја, као и опажање објеката у простору. Да би се испитале наведене способности код деце, креиран је геометријски тест у виртуелном окружењу, који су деца решавала на рачунару.

На основу резултата тестирања, који се тичу опажања боја, може се закључити да деца највећи проценат тачно обојених кутија имају за жуту (79,6%), затим за црвену кутију (75,5%), следи плава (72,4%) и најмање тачних одговора за кутију зелене боје (70,4%). Када се анализира редослед обиласка кутија, деца најтачније боје прву и последњу кутију коју виде, док за кутије које виде другу и трећу по реду, имају најмањи проценат тачних одговора. Из наведених резултата може се закључити да деца најбоље опажају и памте први и последњи објекат коју виде у низу. Са аспекта безбедности саобраћаја, на основу оваквог резултата може се претпоставити да дете када види колону возила, највише пажње усмерава на прво и последње возило у низу, док остала возила занемарује до неке мере.

Деца најмање прелазе линију која означава границу кутије, када боје жуту и плаву кутију (27,6% и 21,4% исправно обојених кутија, респективно), док највише прелазе линију када боје црвену и зелену кутију (по 15,3% исправно обојених кутија). За бојење геометријских цртежа потребно је да су код деце развијене моторичке способности (Katz et al., 2018; Kita et al., 2019), које су неопходне за безбедно учествовање у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). То се односи првенствено на прелажење улице. Сходно томе, обавештења везана за децу, у близини пешачких прелаза или у зонама школе, могу се писати управо бојама за које деца испољавају највећи степен својих моторичких способности.

Постоје статистички значајне полне разлике при решавању задатака који су везани за прецизно цртање положаја кутије у простору, за тачно бојење кутија одговарајућим бојама, као и за прелажење граничне линије при бојењу зелене и плаве кутије. Наведене две боје спадају у групу „хладних боја“, које у оку посматрача изгледају као да су даље од стварног положаја у простору (Sundet, 1978; Livingstone, 2002; Chellappa et al., 2011). Уколико објекти који су обојени „хладним бојама“, у оку посматрача делују као да су даље од стварног положаја, то практично значи да посматрач има реално мање простора и времена да реагује на промену положаја објекта, од простора и времена који мисли да су му на располагању. Са аспекта безбедности саобраћаја, веома је добро да објекте који су обојени „хладним бојама“ деца тачније опажају у простору, како би тачном проценом положаја у простору, надоместили карактеристике „хладних боја“ које у оку посматрача делују да су даље од стварног положаја.

Девојчице, за разлику од дечака, знатно прецизније, у простору цртају кутије, затим имају већи проценат тачно обојених кутија и значајно мање прелазе граничну линије при бојењу кутије. Особе женског пола, на рачунару, такође боље опажају и памте објекат који се налазио испред њих, за разлику од мушких испитаника. Сагледавањем свих резултата постигнутих у виртуелној реалности, на рачунару, може се закључити да су особе женског пола знатно прецизније, имају бољу оријентацију у простору и знатно боље памте боје, од особа мушког пола, То води ка закључку да имају бољи потенцијал за безбедно понашање у саобраћају.

Резултати геометријског теста, који је реализован на рачунару, показују да нема много изражених разлика између испитаника из урбане и руралне средине. Деца из руралне средине цртају тачну величину задатих кутија у већем проценту од деце из урбане средине.

Са друге стране, постоје разлике у узрасту за скоро све резултате добијене на геометријском тесту, реализованом у виртуелном окружењу. Наведене разлике изражене су за задатке: број и величина нацртаних кутија, оцена положаја свих нацртаних кутија, прелажење

граничне линије при бојењу свих кутија и тачност бојења свих кутија. Све ове задатке деца старијег узраста успешније решавају, од деце млађег узраста. Стога, резултати потврђују да је узраст деце један од битнијих фактора за самостално безбедно учествовање у саобраћају, као и да старија деца имају развијене скоро све способности које су им неопходне за безбедно учествовање у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). Значајне статистичке узрасне разлике постоје у опажању објеката са ЛЕВЕ, односно са ДЕСНЕ стране, као и објеката који се налазио ИСПРЕД испитаника. Тачност опажања и памћења положаја објеката, повећава се са повећањем узраста деце (Ligorio et al., 2017; Vinter, 2018). Са аспекта безбедности саобраћаја је веома битно да деца опажају и памте објекте који се налазе са њихове десне или леве стране, као и објекте који се налазе испред саме деце. У реалним саобраћајним условима, деца са развијеним наведеним карактеристикама, лакше ће опазити и памтити положаје возила, при прелажењу улице.

6.3.2. Геометријски тест у реалном окружењу

Анализом прикупљених података утврђено је да не постоје статистички значајне разлике између облика просторије у којима је вршен експеримент (квадратни, крстасти и Т-облик просторија) на било који од резултата теста који је вршен у реалности.

Према резултатима Хи-квадрат теста, приказаним у табели бр. 6.15, за цртање кутија, које су деци презентоване у реалном окружењу, не постоје статистички значајне полне разлике, ни за један од задатака.

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између средине становања испитаника, за задатке који се односе на величину нацртаних кутија ($\chi^2=15,366$; $p<0,001$) и цртање кутија у три димензије ($\chi^2=18,220$; $p<0,001$). Деца из руралне средине цртају тачну величину кутија у већем проценту од деце из урбане средине (50% тачних одговора деце из руралне средине и 22,9% тачних одговора деце из урбане средине). Анализе резултата цртања кутије у три димензије, су показале да је 10% деце у руралној средини, на папиру цртало кутије у три димензије, за разлику од деце из урбане средине, која нису ни покушала да прикажу кутије на овај начин (табела бр. 6.15).

Резултати Хи-квадрат теста указују на статистички значајне разлике између узраста деце и цртања кутија у три димензије ($\chi^2=16,675$; $p<0,001$). Што су деца старија, то у већем проценту покушавају, на папиру, да нацртају кутије у три димензије (табела бр. 6.15).

Табела бр. 6.15 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за цртање кутија на папиру, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Број нацртаних кутија	$\chi^2 =/ p=/$	Девојчице: 100% Дечаџи: 100%	$\chi^2 =/ p=/$	Урбана: 100% Рурална: 100%	$\chi^2 =/ p=/$	Први: 100% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%
Облик нацртаних кутија	$\chi^2 =/ p=/$	Девојчице: 100% Дечаџи: 100%	$\chi^2 =/ p=/$	Урбана: 100% Рурална: 100%	$\chi^2 =/ p=/$	Први: 100% Други: 100% Трећи: 100% Четврти: 100%
Величина нацртаних кутија	$\chi^2 =0,568;$ $p=0,451$	Девојчице: 30,6% Дечаџи: 34,7%	$\chi^2 =15,366;$ $p<0,001^*$	Урбана: 22,9% Рурална: 42%	$\chi^2 =0,428;$ $p=0,934$	Први: 34,6% Други: 32% Трећи: 30,4% Четврти: 33,3%
Цртање кутија у три димензије	$\chi^2 =0,474;$ $p=0,491$	Девојчице: 4,1% Дечаџи: 6,1%	$\chi^2 =18,220;$ $p<0,001^*$	Урбана: 0% Рурална: 10%	$\chi^2 =16,675;$ $p<0,001^*$	Први: 3,8% Други: 0% Трећи: 4,3% Четврти: 12,5%
Украсавање кутија	$\chi^2 =/ p=/$	Девојчице: 0% Дечаџи: 0%	$\chi^2 =/ p=/$	Урбана: 0% Рурална: 0%	$\chi^2 =/ p=/$	Први: 0% Други: 0% Трећи: 0% Четврти: 0%

*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$

Према резултатима Friedman-овог теста, постоје статистички значајне разлике између оцене положаја нацртаних кутија на папиру, у зависности од боје кутије ($p < 0,001$). Деца имају највишу оцену за цртање положаја жуте кутије (7,28), затим плаве (6,85), следи оцена за зелену кутију (6,51), док најнижу оцену деца имају за цртање положаја црвене кутије (5,15).

Према резултатима Mann-Whitney теста, постоје статистички значајне полне разлике, при цртању положаја кутије и то за оцену положаја: свих нацртаних кутија (све четири кутије) ($Z = -4,046$; $p < 0,001$), зелене ($Z = -3,374$; $p = 0,001$), плаве ($Z = -4,802$; $p < 0,001$) и црвене ($Z = -3,552$; $p < 0,001$) кутије, појединачно. За све наведене положаје, деца женског пола, на папиру, цртају прецизније положај кутије у простору, за разлику од деце мушког пола (табела бр. 6.16).

Када се анализирају разлике према месту становања, резултати Mann-Whitney теста показују статистички значајне разлике, за оцену положаја: свих нацртаних кутија (све четири кутије) ($Z = -5,111$; $p < 0,001$), жуте ($Z = -3,356$; $p < 0,001$), зелене ($Z = -5,094$; $p < 0,001$), плаве ($Z = -2,430$; $p = 0,0015$) и црвене ($Z = -3,553$; $p < 0,001$) кутије. Испитаници из руралне средине, на папиру прецизније цртају положаје свих задатих кутија, за разлику од испитаника из урбане средине (табела бр. 6.16).

Резултати Kruskal Wallis теста показују статистички значајне разлике између узраста деце и оцене положаја свих нацртаних кутија (све четири кутије) ($\chi^2 = 11,245$; $p < 0,001$), као и оцене положаја жуте ($\chi^2 = 38,004$; $p < 0,001$), зелене ($\chi^2 = 29,437$; $p < 0,001$), плаве ($\chi^2 = 9,704$; $p < 0,001$) и црвене ($\chi^2 = 17,923$; $p < 0,001$) кутије. Висина оцене за тачан положај нацртаних кутија најчешће се повећава са повећањем узраста деце (табела бр. 6.16).

На основу резултата Cochran's Q теста, може се закључити да постоје статистички значајне разлике између тачности бојења кутија на папиру и различитих боја кутија ($p < 0,001$). Деца имају највећи проценат тачно обојених кутија за жуту (86,7%), затим плаву кутију (84,7%), следи црвена (82,7%) и најмање тачних одговора за зелену кутију (79,6%). Када се анализира редослед обиласка кутија, деца најтачније боје прву и трећу кутију у низу, на коју наиђу (жута и плава), док за другу и четврту кутију по реду (зелена и црвена), имају најмањи проценат тачних одговора.

На основу резултата Хи-квадрат теста, може се закључити да постоје статистички значајне полне разлике, за задатак који су деца решавала на папиру, и то за бојење: све четири кутије ($\chi^2 = 7,751$; $p = 0,005$), жуте ($\chi^2 = 8,004$; $p = 0,005$), зелене ($\chi^2 = 8,308$; $p = 0,0004$) и плаве ($\chi^2 = 14,346$; $p < 0,001$) кутије. Особе женског пола имају већи проценат тачно обојених кутија за разлику од дечака (табела бр. 6.17).

Резултата Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између средине становања испитаника и тачности бојења на папиру, за зелену кутију ($\chi^2 = 7,173$; $p = 0,007$). Испитаници из урбане средине, на папиру, тачније боје кутије зелене боје, од испитаника из руралне средине (табела бр. 6.17).

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и тачности, на папиру, бојења свих кутија (све четири кутије) ($\chi^2 = 77,381$; $p < 0,001$), као и за тачност бојења жуте ($\chi^2 = 28,251$; $p < 0,001$), зелене ($\chi^2 = 67,560$; $p < 0,001$), плаве ($\chi^2 = 40,909$; $p < 0,001$) и црвене ($\chi^2 = 81,474$; $p < 0,001$) кутије. Када деца раде на папиру, тачност бојења кутија се повећава са повећањем узраста деце (табела бр. 6.17).

Табела бр. 6.16 - Резултати Mann-Whitney и Kruskal Wallis тестова и просечна вредност оцена положаја на папире нацртаних кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Mann-Whitney test	Просечна оцена	Mann-Whitney test	Просечна оцена	Kruskal Wallis test	Просечна оцена
Оцена положаја нацртаних кутија (све четири кутије)	Z = -4,046; p < 0,001*	Девојчице: 6,88 Дечаци: 6,01	Z = -5,111; p < 0,001*	Урбана: 6,02 Рурална: 6,86	$\chi^2 = 11,245$; p = 0,010*	Први: 5,96 Други: 6,38 Трећи: 7,14 Четврти: 6,38
Оцена положаја - ЖУТА	Z = -1,279; p = 0,201	Девојчице: 7,23 Дечаци: 7,32	Z = -3,356; p = 0,001*	Урбана: 6,99 Рурална: 7,55	$\chi^2 = 38,004$; p < 0,001*	Први: 7,17 Други: 7,32 Трећи: 6,43 Четврти: 8,15
Оцена положаја - ЗЕЛЕНА	Z = -3,374; p = 0,001*	Девојчице: 7,07 Дечаци: 5,94	Z = -5,094; p < 0,001*	Урбана: 5,80 Рурална: 7,18	$\chi^2 = 29,437$; p < 0,001*	Први: 5,94 Други: 6,58 Трећи: 8,13 Четврти: 5,48
Оцена положаја - ПЛАВА	Z = -4,802; p < 0,001*	Девојчице: 7,39 Дечаци: 6,31	Z = -2,430; p = 0,015*	Урбана: 6,63 Рурална: 7,06	$\chi^2 = 9,704$; p = 0,021*	Први: 6,37 Други: 6,86 Трећи: 7,70 Четврти: 6,54
Оцена положаја - ЦРВЕНА	Z = -3,552; p < 0,001*	Девојчице: 5,83 Дечаци: 4,48	Z = -3,553; p < 0,001*	Урбана: 4,65 Рурална: 5,64	$\chi^2 = 17,923$; p < 0,001*	Први: 4,37 Други: 4,74 Трећи: 6,28 Четврти: 5,35

*Постоје статистички значајне разлике p < 0,05

Табела бр. 6.17 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за бојење кутије одговарајућим бојама на папиру, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Бојење кутија** (број кутије у низу)	$\chi^2 = 7,751$; $p = 0,005^*$	Девојчице: 83,7% Дечаци: 71,4%	$\chi^2 = 2,556$; $p = 0,110$	Урбана: 81,3% Рурална: 74%	$\chi^2 = 77,381$; $p < 0,001^*$	Први: 69,2% Други: 52% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ЖУТА (I кутија)	$\chi^2 = 8,004$; $p = 0,005^*$	Девојчице: 91,8% Дечаци: 81,6%	$\chi^2 = 0,083$; $p = 0,773$	Урбана: 87,5% Рурална: 86%	$\chi^2 = 28,251$; $p < 0,001^*$	Први: 76,9% Други: 80% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ЗЕЛЕНА (II кутија)	$\chi^2 = 8,308$; $p = 0,004^*$	Девојчице: 85,7% Дечаци: 73,5%	$\chi^2 = 7,173$; $p = 0,007^*$	Урбана: 85,4% Рурална: 74%	$\chi^2 = 67,560$; $p < 0,001^*$	Први: 69,2% Други: 60% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ПЛАВА (III кутија)	$\chi^2 = 14,346$; $p < 0,001^*$	Девојчице: 91,8% Дечаци: 77,6%	$\chi^2 = 1,881$; $p = 0,170$	Урбана: 87,5% Рурална: 82%	$\chi^2 = 40,909$; $p < 0,001^*$	Први: 69,2% Други: 80% Трећи: 95,7% Четврти: 95,8%
Боја кутије – ЦРВЕНА (IV кутија)	$\chi^2 = 2,153$; $p = 0,142$	Девојчице: 85,7% Дечаци: 79,6%	$\chi^2 = 0,046$; $p = 0,830$	Урбана: 83,3% Рурална: 82%	$\chi^2 = 81,474$; $p < 0,001^*$	Први: 76,9% Други: 60% Трећи: 100% Четврти: 95,8%
*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$;						
** Тачно решеним задатком подразумева се да су деца исправном бојом обојила све четири кутије.						

Резултати Cochran's Q теста показују статистички значајне разлике између боја кутија и прелажења граничне линије при бојењу ($p < 0,001$), када деца решавају задатак у реалном окружењу. Деца најмање прелазе линију која означава границу кутије, када боје жуту кутију (76,5% исправно обојених кутија), затим зелену кутију (48,% исправно обојених кутија), док највише прелазе линију када боје плаву и црвену кутију (44,9% и 26,5% исправно обојених кутија, респективно).

У табели бр. 6.18 приказани су резултати Хи-квадрат теста и проценат прецизно, на папиру, обојених кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника. Резултата показују статистички значајне полне разлике за прелажење граничне линија при бојењу зелене ($\chi^2=7,451$; $p=0,006$) кутије. Особе мушког пола прецизније боје зелену кутију, односно не прелазе линију, за разлику од женског пола.

На основу резултата Хи-квадрат теста, може се закључити да постоје статистички значајне разлике између средине становања испитаника и прелажења граничне линије при бојењу: свих кутија (све четири кутије) ($\chi^2=6,193$; $p=0,013$), зелене ($\chi^2=5,333$; $p=0,021$) и плаве ($\chi^2=7,295$; $p=0,007$) кутије. Деца из урбаних средина прецизније боје кутије, на папиру, за разлику од деце из руралних средина становања (табела бр. 6.18).

Представљени резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и прелажења граничне линије при бојењу: свих кутија (све четири кутије) ($\chi^2=53,687$; $p < 0,001$), жуте ($\chi^2=132,059$; $p < 0,001$), зелене ($\chi^2=138,522$; $p < 0,001$), плаве ($\chi^2=146,926$; $p < 0,001$) и црвене ($\chi^2=49,061$; $p < 0,001$) кутије. Прелажење граничне линија при бојењу кутија смањује се са повећањем узраста деце, односно старија деца имају већи број прецизно обојених кутија (табела бр. 6.18).

Резултати Cochran's Q теста показују статистички значајне разлике између опажања објеката, који су постављени са ЛЕВЕ или ДЕСНЕ стране, односно ИСПРЕД детета ($p=0,011$), приликом решавања задатка у реалном окружењу. Деца најбоље опажају објекте који се налазе ИСПРЕД њих (86% тачних одговора), затим објекте који се налазе са њихове ДЕСНЕ стране (84,5% тачних одговора), док најслабије опажају објекте са њихове ЛЕВЕ стране (79,4% тачних одговора).

Анализе резултата теста из реалног окружења, у којем је спроведен експеримент, показују да постоје статистички значајне полне разлике за опажање објеката са ЛЕВЕ ($\chi^2=10,436$; $p=0,001$), односно са ДЕСНЕ стране ($\chi^2=5,965$; $p=0,015$), као и објеката ИСПРЕД испитаника ($\chi^2=8,460$; $p=0,004$). За све три наведене релације, деца женског пола боље опажају и меморишу задате објекте у реалном окружењу, од деце мушког пола (табела бр. 6.19).

Резултата Хи-квадрат теста показују да постоје статистички значајне разлике између средине становања испитаника и опажања објеката ЛЕВО од испитаника ($\chi^2=6,308$; $p=0,012$). Деца из урбане средине боље опажају објекте који су им се налазили са ЛЕВЕ стране, од деце из руралних средина (табела бр. 6.19).

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и опажања објеката у реалности са ЛЕВЕ ($\chi^2=47,861$; $p < 0,001$), са ДЕСНЕ ($\chi^2=68,632$; $p < 0,001$) стране, као и објекта који се налазио ИСПРЕД испитаника ($\chi^2=36,670$; $p < 0,001$). Тачност опажања и меморисања објеката које су деца видела у реалности, повећава се са повећањем њиховог узраста (табела бр. 6.19).

Табела бр. 6.18 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат прецизно на папиру обојених кутија, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Прелажење линија при бојењу**	$\chi^2 = 0,128$; $p = 0,721$	Девојчице: 22,4% Дечаци: 24,5%	$\chi^2 = 6,193$; $p = 0,013^*$	Урбана: 29,2% Рурална: 18%	$\chi^2 = 53,687$; $p < 0,001^*$	Први: 11,5% Други: 8% Трећи: 47,8% Четврти: 29,2%
Прелажење линија – ЖУТА	$\chi^2 = 1,719$ $p = 0,190$	Девојчице: 79,6% Дечаци: 73,5%	$\chi^2 = 0,018$; $p = 0,894$	Урбана: 77,1% Рурална: 76%	$\chi^2 = 132,059$; $p < 0,001^*$	Први: 38,5% Други: 76% Трећи: 100% Четврти: 95,8%
Прелажење линија – ЗЕЛЕНА	$\chi^2 = 7,451$; $p = 0,006^*$	Девојчице: 40,8% Дечаци: 55,1%	$\chi^2 = 5,333$; $p = 0,021^*$	Урбана: 54,2% Рурална: 42%	$\chi^2 = 138,522$; $p < 0,001^*$	Први: 15,4% Други: 24% Трећи: 78,3% Четврти: 79,2%
Прелажење линија – ПЛАВА	$\chi^2 = 2,320$ $p = 0,128$	Девојчице: 40,8% Дечаци: 49%	$\chi^2 = 7,295$; $p = 0,007^*$	Урбана: 52,1% Рурална: 38%	$\chi^2 = 146,926$; $p < 0,001^*$	Први: 15,4% Други: 16% Трећи: 78,3% Четврти: 75%
Прелажење линија – ЦРВЕНА	$\chi^2 = 0,641$; $p = 0,423$	Девојчице: 24,5% Дечаци: 28,6%	$\chi^2 = 3,839$; $p = 0,051$	Урбана: 31,3% Рурална: 22%	$\chi^2 = 49,061$; $p < 0,001^*$	Први: 11,5% Други: 16% Трећи: 52,2% Четврти: 29,2%

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$;
 ** Тачно решеним задатком подразумева се да деца нису преишла границу кутије при бојењу, ни за једну од четири кутије.

Табела бр. 6.19 - Резултати Хи-квадрат теста и проценат тачних одговора за опажање објеката, у зависности са које се стране испитаника налази, према полу, средини становања и разреду испитаника

Задатак	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>	<i>Chi-Square test</i>	<i>Тачност</i>
Опажање објеката са ЛЕВЕ стране	$\chi^2 = 10,436$; $p = 0,001^*$	Девојчице: 84,6% Дечаџи: 74%	$\chi^2 = 6,308$; $p = 0,012^*$	Урбана: 83,7% Рурална: 75,3%	$\chi^2 = 47,861$; $p < 0,001^*$	Први: 71,2% Други: 66,7% Трећи: 91,9% Четврти: 89,85%
Опажање објеката са ДЕСНЕ стране	$\chi^2 = 5,965$; $p = 0,015^*$	Девојчице: 88,6% Дечаџи: 80,6%	$\chi^2 = /$ $p = /$	Урбана: 84,5% Рурална: 84,6%	$\chi^2 = 68,632$; $p < 0,001^*$	Први: 77,5% Други: 67,4% Трећи: 99,2% Четврти: 95,4%
Опажање објеката ИСПРЕД	$\chi^2 = 8,460$; $p = 0,004^*$	Девојчице: 91,3% Дечаџи: 80,6%	$\chi^2 = 3,509$; $p = 0,061$	Урбана: 89,6% Рурална: 82,5%	$\chi^2 = 36,670$; $p < 0,001^*$	Први: 73,1% Други: 79% Трећи: 96,7% Четврти: 96,9%

**Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$*

Дискусија најважнијих резултата

Опажање објеката у реалном окружењу, као и тачно уочавање битних карактеристика у виду положаја у простору, боје и величине објекта, веома су важне компоненте за безбедно учествовање деце у саобраћају. За испитивање наведених способности деце у реалном окружењу, креиран је геометријски тест, заснован на геометријском моделирању, који је реализован у реалном простору. Деца су тест решавала изражавајући се цртањем и бојењем на папиру. На основу резултата тестирања, са аспекта опажања објеката у простору, може се закључити да деца имају највишу оцену за цртање положаја жуте кутије (7,28), затим плаве (6,85), следи оцена за зелену кутију (6,51), док најнижу оцену имају за цртање положаја црвене кутије (5,15). Деца највећи проценат тачно обојених кутија имају за жуту (86,7%), затим плаву

кутију (84,7%), следи црвена (82,7%) и најмање тачних одговора, за зелену кутију (79,6%). Када се анализира редослед обиласка кутија, деца најтачније боје прву и трећу кутију коју виде (жута и плава), док за другу и последњу кутију у видном пољу имају најмањи проценат тачних одговора (зелена и црвена). Из добијених резултата може се закључити да у простору деца најбоље опажају боју и положај жуте и плаве кутије. Овакав налаз треба искористити у реалним условима саобраћајног окружења, да би поруке и информације важне за безбедност деце, означене жутом и плавом бојом, биле јасне и уочљиве. Да деца имају најбоље резултате када је у питању кутија жуте боје говори у прилог и резултат да најмање прелазе линију која означава границу кутије, када боје жуту кутију (76,5% исправно обојених кутија), затим зелену кутију (48,% исправно обојених кутија), док највише прелазе линију када боје плаву и црвену кутију (44,9% и 26,5% исправно обојених кутија, респективно).

Разлике између постигнутих резултата, по половима испитаника, постоје при задацима везаним за прецизно цртање положаја кутије у простору, као и за тачно бојење кутија одговарајућим бојама, што потврђују и раније спроведене студије (Ellis and Ficek, 2001; Mohebbi, 2014; Doi and Shinohara, 2018). Деца женског пола, за разлику од деце мушког пола, знатно прецизније, у простору, цртају кутије и имају већи проценат тачно обојених кутија. На основу резултата постигнутих у реалном окружењу, може се закључити да деца женског пола имају знатно бољу оријентацију у простору и боље памте боје, од деце мушког пола. Стога се може закључити, да женска деца, према резултатима овог теста, имају бољу основу, за безбедније понашање у саобраћају.

Резултати теста заснованог на геометријском моделирању, који је реализован у реалном окружењу, показују статистички значајне разлике између средине становања испитаника за задатке који се односе на: величину нацртаних кутија, цртање кутија у три димензије, као и за оцену положаја свих нацртаних кутија (све четири кутије). Испитаници из руралне средине, на папиру, прецизније цртају положаје и величине свих задатих кутија, и за разлику од испитаника из урбане средине, покушавају да нацртају кутије у три димензије. Из наведених резултата може се закључити да особе из руралне средине боље опажају простор и објекте у простору, од деце из урбане средине. Са друге стране, деца из урбаних средина прецизније боје кутије, односно, на папиру мање прелазе линије при бојењу кутија, за разлику од деце из руралних средина. Овакви резултати указују да деца из урбаних средина имају развијеније фине моторичке способности од својих вршњака из руралних средина. Испитаници из руралне средине имају боље развијене просторне способности, од деце из урбане средине. Наведени резултати указују на кључне недостатке које деца из различитих средина могу да имају, а које су важне за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

Анализе резултата које се односе на узраст деце, показују да постоје статистички значајне разлике за скоро све резултате добијене на тесту заснованом на геометријском моделирању, који се реализује у реалном простору. Разлике су изражене за задатке: цртање кутије у три димензије, оцена положаја свих нацртаних кутија, прелажење граничне линије при бојењу свих кутија и тачност бојења свих кутија (све четири кутије). Све ове задатке успешније решавају деца старијег узраста, у односу на децу млађег узраста. Приказани резултати наводе на закључак да је узраст деце један од битнијих фактора за самостално безбедно учествовање у саобраћају, односно да старија деца имају развијене скоро све способности (Clements and Sarama, 2011; California Preschool Curriculum Framework, 2011), које су им неопходне за учествовање у реалном саобраћајном окружењу.

Са аспекта безбедности саобраћаја, веома је битно да деца опажају и памте објекте који се у простору спроведеног експеримента налазе десно, лево и испред њих. Резултати геометријског теста спроведеног у реалном простору, показују значајне разлике опажања објеката, у односу на сва три задата положаја. Деца најбоље опажају објекте који се налазе испред њих (86% тачних одговора), затим објекте који се налазе са десне стране (84,5% тачних

одговора), док најслабије опажају објекте са леве стране (79,4% тачних одговора). Овакви резултати се подударају са студијом, коју је реализовала Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије, односно указују да највећи проценат саобраћајних незгода између возила и деце настаје тако што возило наиђе са дететове леве стране (38%), док је најмањи број саобраћајних незгода, када је возило испред самог детета (7%, најчешће саобраћајне незгоде у којима учествују деца и возачи мотоцикала) (АБС, 2015; Trifunović et al., 2017a). После наведених чињеница, веома битне чињенице за унапређење едукације деце, у области безбедности саобраћаја, јесу и разлике у опажању објеката (са леве/десне стране, или испред испитаника) по полу, средини становања испитаника, као и узрасту испитаника. Резултати експеримента у реалном простору су показали да постоје статистички значајне полне разлике при опажању објеката за сва три задата положаја у простору. Особе женског пола боље опажају и меморишу положај задатих објеката у реалном окружењу, за разлику од особа мушког пола. Резултати такође показују да постоје значајне разлике између средине становања испитаника и опажања објеката који су се налазили ЛЕВО од испитаника. Деца из урбане средине су боље опажала објекте са њихове ЛЕВЕ стране, у односу на децу из руралних средина. Још један битан резултат јесте да постоје значајне разлике између узраста деце и опажања објеката у реалности за сва три задата положаја. Резултати су показали да се тачност опажања и меморисања објеката, које су деца видела у реалности, повећава са њиховим узрастом. Наведени резултати могу имати велики значај за унапређење безбедности деце у саобраћају. Када дете процењује да ли је безбедно да пређе улицу, оно се фокусира само на један фактор, тј. на опажање возила. Деца сматрају да, ако нема возила у њиховом видном пољу, могу безбедно да пређу улицу, док у ситуацији када има возила, није безбедно прећи улицу. Међутим, проблем се јавља када дете не опази возило које се заправо креће улицом ка њему (Dragutinovic and Twisk, 2006). На основу ових резултата може се посветити пажња свакој групи испитаника приликом едукације о безбедности саобраћаја, али и приликом поновних тестирања, како би се уочила законитост и пронашли разлози постојања разлике опажања објеката у зависности од демографских карактеристика деце.

6.3.3. Упоредна анализа резултата постигнутих на геометријском тесту спроведеном у реалном и виртуелном (на рачунару) окружењу

У наставку рада приказани су резултати упоредне анализе постигнућа деце на геометријском тесту цртања и бојења кутија, у реалном и виртуелном окружењу. Не постоје статистички значајне разлике за задатке цртања кутија, када се кутије цртају на папиру и на рачунару, односно када су деца посматрала кутије у реалном (полигон) или виртуелном (рачунар) окружењу. Деца тачније цртају величину кутије на рачунару (37,8% тачних одговора), него на папиру (32,7% тачних одговора). Испитаници на рачунару нису покушали да нацртају кутију у три димензије, док је 5,1% испитаника покушало то да уради на папиру (график бр. 6.12).

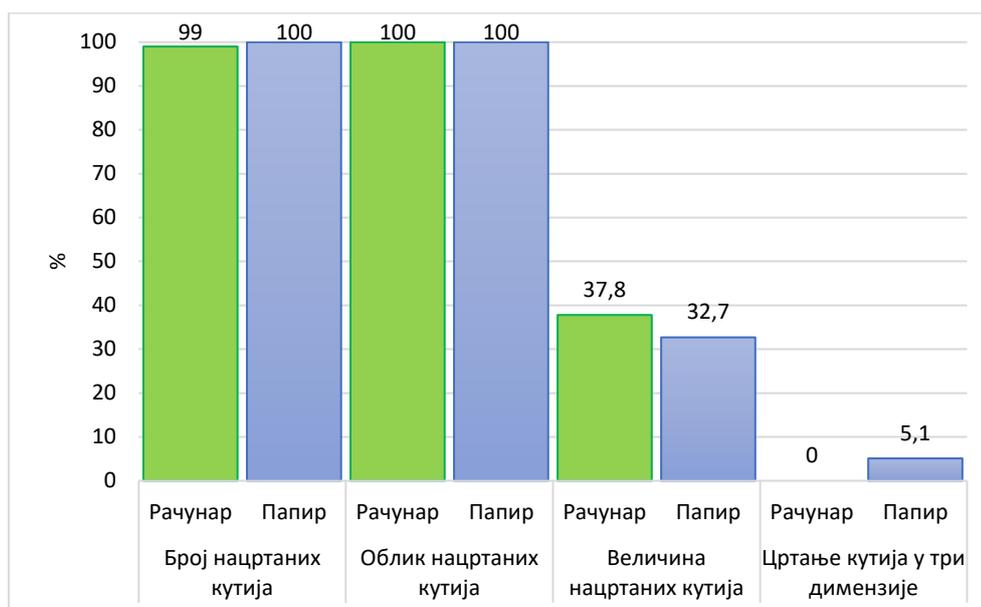


График бр. 6.12 - Процент тачних одговора деце за задатке цртања кутија – рачунар и папир

Када се анализира просечна оцена положаја кутија, може се закључити да су деца просторни положај кутије прецизније цртала на рачунару, него на папиру. Овакав закључак важи за све кутије појединачно, из чега следи да је и укупно положај свих кутија прецизније представљен на рачунару (график бр. 6.13).

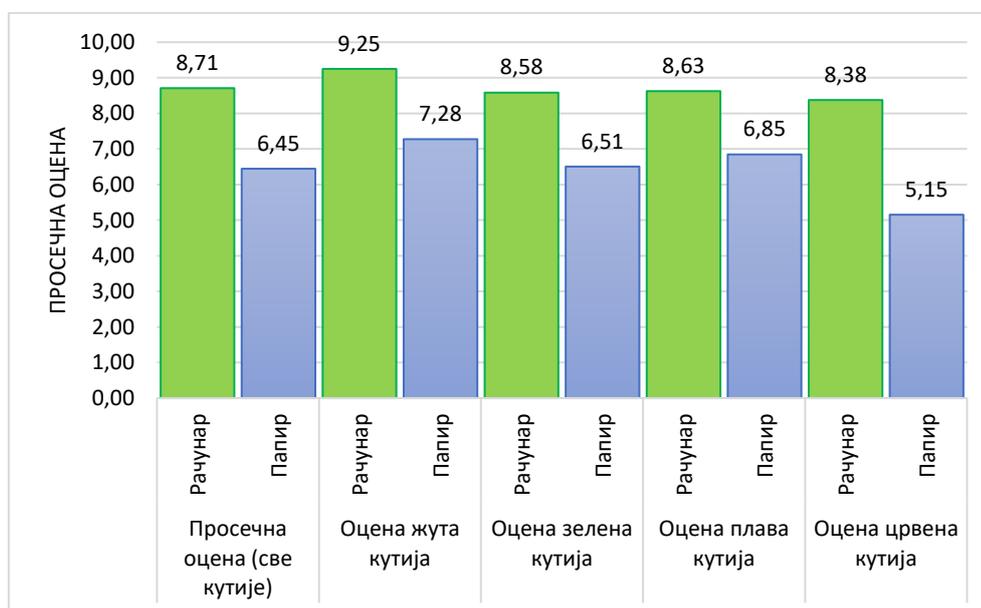


График бр. 6.13 - Просечна оцена положаја цртања кутија – рачунар и папир

Процент тачних одговора деце за задатак бојења кутија на рачунару и папиру приказан је на графику бр. 6.14. Према резултатима McNemar-овог теста, статистички значајне разлике између тачности бојења кутија, одговарајућим бојама, на рачунару и на папиру постоје за бојење свих кутија ($p < 0,001$), као и за бојење црвене ($p = 0,003$), зелене ($p < 0,001$), плаве ($p < 0,001$) и жуте ($p < 0,001$) кутије, појединачно. Овај задатак деца тачније решавају када раде на папиру, бојећи ручно, дрвеним бојицама, док кутије гледају у реалном окружењу (на полигону).

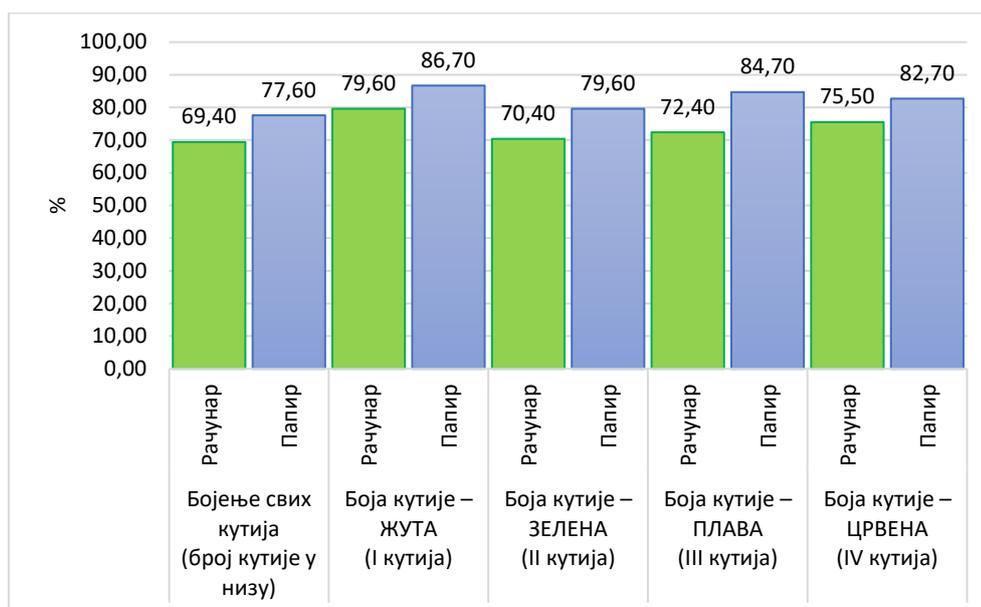


График бр. 6.14 - Процент тачних одговора деце за задатак бојења кутија– рачунар и папир

Резултати прецизно обојених кутија (када дете не прелази линију, која означава границе нацртане кутије, при бојењу) приказани су на графику бр. 6.15. Резултати McNemar-овог теста показују статистички значајне разлике између прецизности бојења кутија на рачунару и на папиру, и то за прецизност при бојењу свих кутија (укупно) ($p < 0,001$), за прецизност при бојењу црвене ($p < 0,001$), зелене ($p < 0,001$), плаве ($p < 0,001$) и жуте ($p < 0,001$) кутије, појединачно. Деца знатно прецизније боје на папиру, за разлику од бојења објеката на рачунару. Испитаници знатно прецизније боје (не прелазе линију) на папиру, када користе бојице, него када боје кутије на монитору који је осетљив на додир.

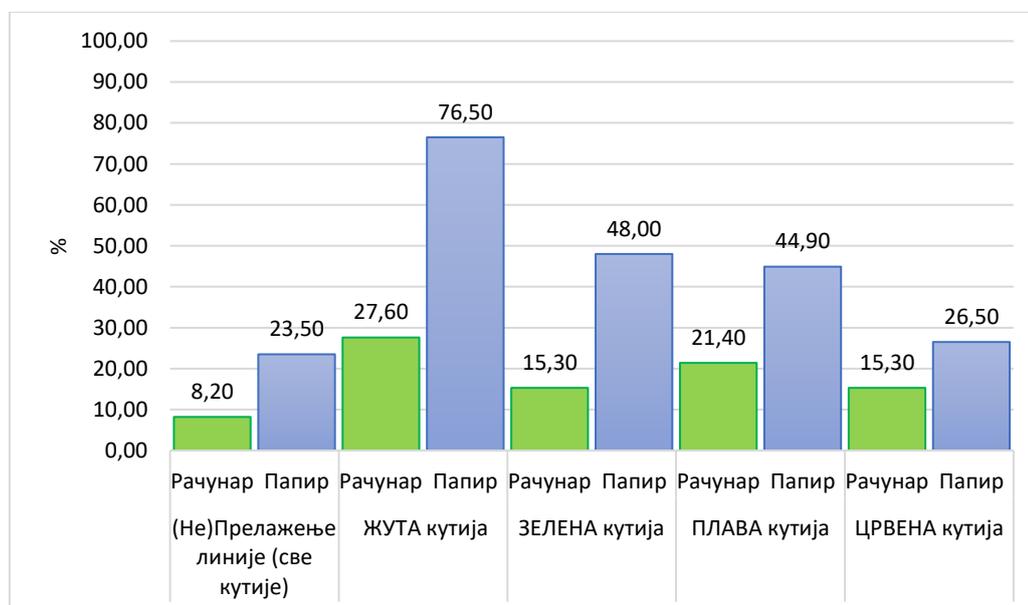


График бр. 6.15 - Процент прецизно обојених кутија– рачунар и папир

Када се анализира проценат тачних одговора за релације ЛЕВО, ДЕСНО и ИСПРЕД, може се закључити да су деца имала већи проценат тачних одговора када су објекте посматрала у реалном окружењу (полигону) и решавала задатак на папиру, за разлику од

ситуације када су објекте посматрала у виртуелном окружењу (рачунару) и решавала задатак на рачунару (график бр. 6.16). Ово потврђују и резултати McNeemar-овог теста, који показују статистички значајне разлике између тачности опажања положаја кутија, у зависности од врсте медијума на којем су деца решавала задатке (на рачунару или на папиру) и то за релације ЛЕВО ($p < 0,001$), ДЕСНО ($p < 0,001$) и ИСПРЕД ($p < 0,001$).

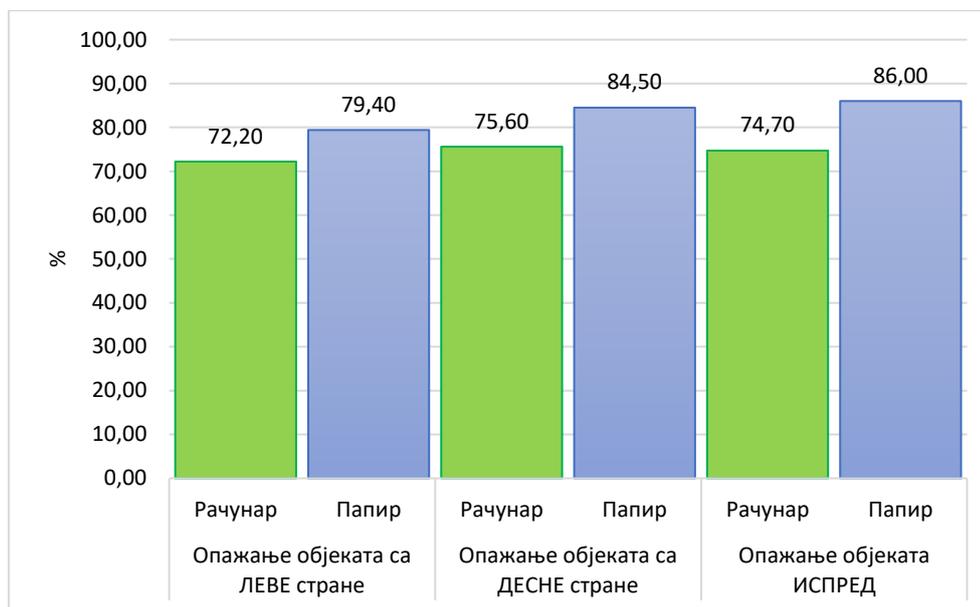


График бр. 6.16 - Процент тачних одговора за релације ЛЕВО, ДЕСНО и ИСПРЕД – рачунар и папир

График бр. 6.17 приказује проценат тачних одговора на геометријском тесту, у зависности да ли су деца прво тестирана у виртуелном (на рачунару) или у реалном (на полигону) окружењу. Деца која су прво тестирана на рачунару, при том тестирању забележила су 76,27% тачних одговора. Након тога су тестирана на полигону и забележила 76,62% тачних одговора. У другој ситуацији, деца која су прво тестирана на полигону, забележила су 72,47% тачних одговора. Одмах после тестирања на полигону, тестирана су и на рачунару, и притом су забележила 76,65% тачних одговора (график бр. 6.17). Иако је познато да су препознавање боја, положаја кутије, прецизност при бојењу, меморисање броја, облика и величине објеката, вештине које су лимитиране узрастом деце и нису „подложне“ учењу, резултати овог експеримента показују да су деца остварила бољи скор на другом тестирању, односно да уче из искуства и унапређују и овакве врсте способности. Такође, може се закључити да деца остварују боље резултате када задатке решавају у виртуелном окружењу и да им оно помаже да савладају сличне ситуације у реалном окружењу. Деца су помоћу приказаних тестова на рачунару и полигону савладала различите вештине које су им потребне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Показано је да ови тестови имају велики потенцијал у едукацији деце за њихово безбедно учествовање у саобраћају, као и за добијање показатеља нивоа њиховог знања (кроз нова тестирања).

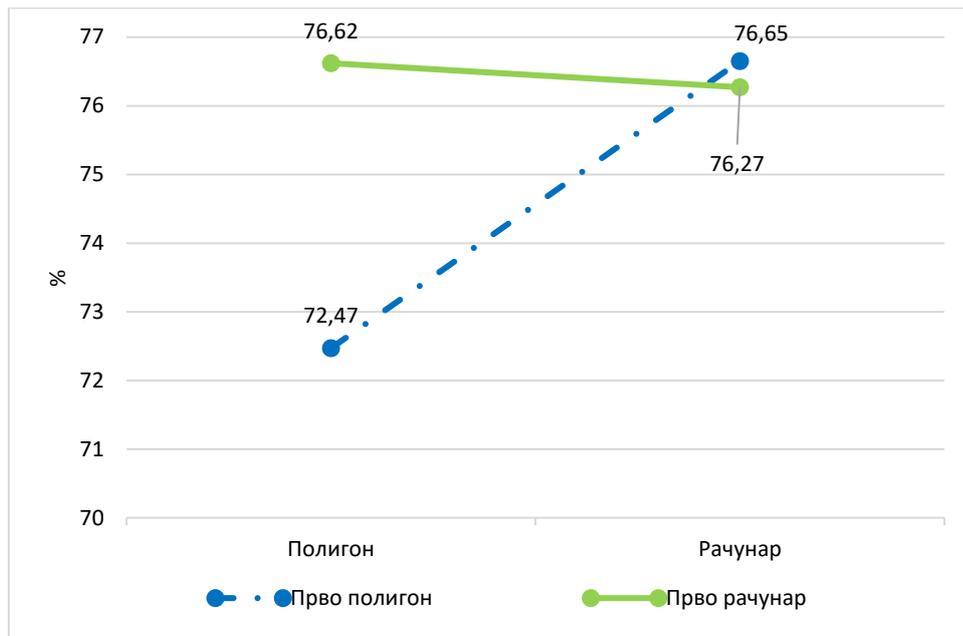


График бр. 6.17 - Процент тачних одговора деце у зависности у којем окружењу су прво тестирана – у виртуелном (на рачунару) или реалном (на полигону)

Резултати геометријског теста добијени у експерименту искоришћени су да се успостави веза између постигнућа деце у два различита окружења. Конструисан је модел предвиђања резултата за реално окружење (тест рађен на папиру), на основу резултата које су деца постигла у виртуелном окружењу (тест рађен на рачунару). Модел једноструке линеарне регресије за предикторску варијаблу узима резултате експеримента спроведеног на рачунару ($GT_{\text{рачунар}}$), док за критеријумску варијаблу узима резултате експеримента спроведеног у реалном простору, са тестирањем на папиру ($GT_{\text{папир}}$). Како је $p < 0,001$, варијабла $GT_{\text{рачунар}}$ значајно утиче на варијаблу $GT_{\text{папир}}$. Коефицијент детерминације износи 0,356, а модел објашњава 35,6% варијансе резултата у реалном окружењу (полигон и папир). На графику бр. 6.18 приказана је једначина једноструке линеарне регресије (6.3) и дијаграм расипања за геометријски тест.

$$GT_{\text{папир}} = 10,03 + 0,486 * GT_{\text{рачунар}} \quad (6.3)$$

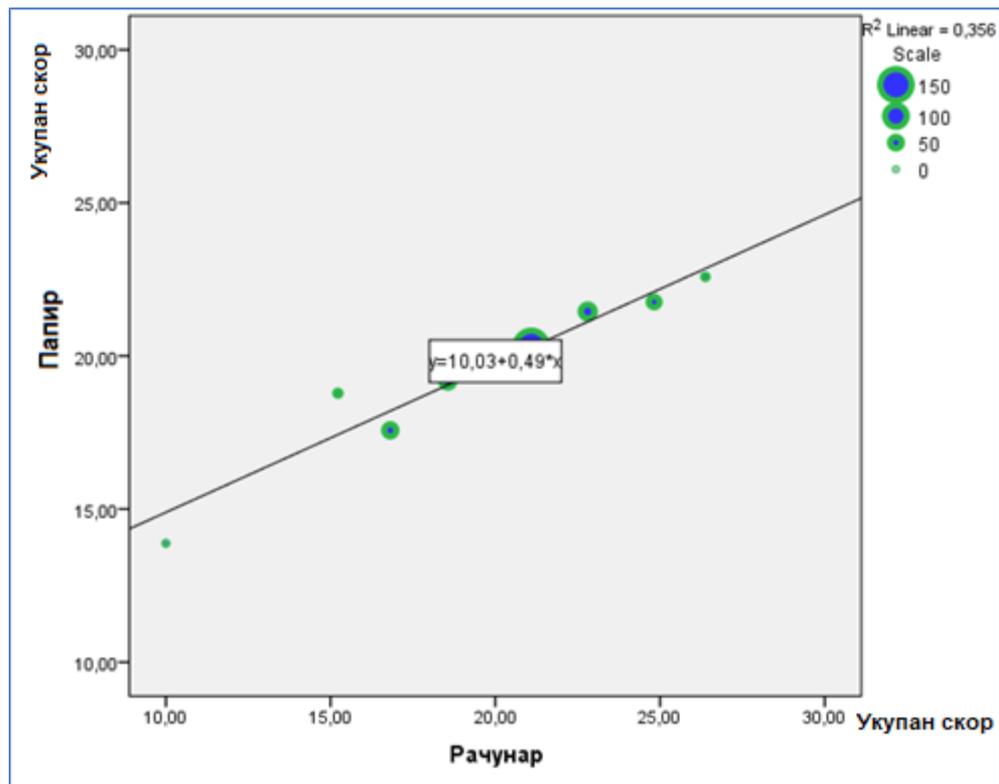


График бр. 6.18 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за геометријски тест

Дискусија најважнијих резултата

Резултати упоредне анализе геометријског теста, који се односе на тип окружења у коме се одвијао експеримент (виртуелно и реално), не показују значајне статистичке разлике за задатке цртања величина, броја и облика кутија, као ни за цртање кутија у три димензије. Када се анализира тачност бојења кутија, постоје значајне разлике између тачности бојења на рачунару и на папиру за бојење свих кутија (укупна оцена све четири кутије), али и за тачност бојења сваке од кутија појединачно (за црвену, зелену, плаву и жуту кутију). Деца тачније боје кутије када тест решавају на папиру, у ситуацији када кутије виде у реалном окружењу (на полигону) и када кутије цртају и боје ручно дрвеним бојицама. Да је деца лакше и природније да манипулишу физички бојицом по папиру, него прстима по екрану рачунара, потврђују и резултати прелажења линије при бојењу кутије. Резултати који се односе на прецизност обојених кутија (када дете не прелази линију, при бојењу, која означава границе нацртане кутије) су значајно различити, када деца боје кутије на рачунару и на папиру. То се односи на прецизност при бојењу свих кутија (укупно), као и за прецизност бојења сваке кутије појединачно (црвене, зелене, плаве и жуте кутије). Научна истраживања која су спроведена у последњих неколико година, покушавају да пронађу узроке оваквих резултата (Lee et al., 2017b; Wu et al, 2018). Као један од могућих, наводи се чињеница да деца, узраста до 10 година старости, нису у стању да прецизно користе оловку за манипулисање екраном осетљивим на додир, која је дизајнирана за одрасле особе (Mann et al, 2015; Lee et al., 2017b; Wu et al, 2018).

Међутим, резултати добијени у спроведеном геометријском тесту могу бити веома значајни са аспекта безбедности саобраћаја. Чињеница да радње које захтевају опажање објеката, меморисање боје и моторичке способности, деца боље испољавају у реалном него у

виртуелном окружењу, указују на способност испитане деце да самостално, безбедно учествују у саобраћају. Геометријски тест реализован у виртуелном окружењу, може послужити за едукацију и тестирање ових вештина. На то указују резултати, приказани у овој докторској дисертацији, који се односе на анализу редоследа окружења која су коришћена у експерименту. Деца која су прво тестирана на рачунару, при том тестирању забележила су 76,27% тачних одговора. Након тога су тестирана на полигону и забележила 76,62% тачних одговора. У другој ситуацији, деца која су прво тестирана на полигону, забележила су 72,47% тачних одговора. Одмах после тестирања на полигону, тестирана су и на рачунару, и притом су забележила 76,65% тачних одговора (график бр. 6.17). Како су препознавање боја, позиције положаја кутије, прецизност при бојењу, меморисање броја, облика, величине кутија вештине које су лимитиране узрастом деце и нису „подложне“ учењу (Trifunović et al., 2017a), резултати овог експеримента показују да деца имају боље резултате на другом тестирању, односно да уче из искуства и овакве способности. Такође, може се закључити да деца највећи напредак остварују када задатке вежбају у виртуелном окружењу и да виртуелно окружење помаже деци да савладају сличне ситуације у реалном окружењу. Како деца помоћу наведених тестова на рачунару и полигону савладавају различите вештине које су им потребне за самостално безбедно учествовање у саобраћају, наведени геометријски тест пружа потенцијал за тестирање, вежбање и едукацију деце за безбедно учествовање у саобраћају. Такође, тест је показао своју релевантност за испитивање нивоа способности деце за учествовање у саобраћају, јер су приказани резултати у сагласности са другим студијама из ове области.

Када се анализира проценат тачних одговора за релације ЛЕВО, ДЕСНО и ИСПРЕД, може се закључити да су деца имала већи проценат тачних одговора када су објекте посматрала у реалном окружењу (полигону) и задатак решавала на папиру, за разлику од резултата када су објекте посматрала у виртуелном окружењу (рачунару) и задатке решавала на рачунару.

Резултати добијени у експерименту су омогућили да се успостави веза између постигнућа деце на геометријском тесту, заснованог на геометријски моделованим кутијама у простору, који се реализује на рачунару, и истог теста реализованог са кутијама у реалном простору, који су деца решавала цртањем објеката на папиру. На основу ових резултата, конструисан је модел предвиђања резултата деце у реалном простору, на основу резултата који су деца постигла на рачунару и изражен је формулом 6.3. Приступ који користи модел предвиђања, базиран на резултатима тестова спроведених у виртуелном окружењу, омогућава ефикаснију едукацију деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају (реално окружење). Вежбањем ових тестова на рачунару, може се утицати на побољшање резултата деце у реалном окружењу, као и на развијање способности које су им неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

Овакав резултат свакако може да буде добар основ за унапређење безбедности деце у реалним саобраћајним ситуацијама, јер употребом теста заснованог на геометријском моделирању могу се тестирати деца и развијати способности опажања и памћење основних карактеристика објеката у простору, што је веома битно за безбедност деце у саобраћају.

6.4. Симулација возила у покрету

Поглавље садржи резултате процене брзине кретања возила, које су остварила деца, на основу посматрања возила у покрету, у два различита окружења, виртуелном (геометријски моделирано возило на рачунару) и реалном (видео снимак вожње).

6.4.1. Моделирано 3Д возило у покрету (виртуелно окружење) - на рачунару

У поглављу су приказани експериментални резултати које су постигла деца при процени брзине кретања геометријски моделираног возила, у виртуелном окружењу.

Табела бр. 6.20 приказује резултате Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и узрасту (разреду) испитаника. Резултати Хи-квадрат теста за процену брзине кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, нису показали статистичке значајне полне разлике (табела бр. 6.20).

Статистички значајне разлике према месту становања испитаника, за процену брзине кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, постоје за брзине: 30 km/h - 50 km/h ($\chi^2=28,616$; $p<0,001$), 30 km/h - 80 km/h ($\chi^2=26,508$; $p<0,001$) и 50 km/h - 80 km/h ($\chi^2=8,546$; $p=0,003$). За сва три примера процене брзине кретања возила у виртуелном окружењу, испитаници из урбане средине имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.20). Испитаници из урбане средине свакодневно се сусрећу са великим бројем возила у саобраћају, што може бити повезано са њиховом бољом проценом брзине кретања возила од деце из руралне средине.

Представљени резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и процене брзине кретање возила у виртуелном окружењу за брзине: 30 km/h - 50 km/h ($\chi^2=49,657$; $p<0,001$), 30 km/h - 80 km/h ($\chi^2=27,683$; $p<0,001$) и за 50 km/h - 80 km/h ($\chi^2=51,607$; $p<0,001$). За све наведене примере процене брзине кретања возила, старија деца имају већи проценат тачних одговора. Са повећањем узраста испитаника, побољшава се његова процена брзине кретања возила, у виртуелном окружењу, за различите брзине возила које су поређене (табела бр. 6.20).

Табела бр. 6.20 - Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника

Брзине (са леве и десне стране екрана)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
30 km/h и 50 km/h	$\chi^2 = 0,128$; $p = 0,721$	Девојчице: 24,5% Дечаци: 22,4%	$\chi^2 = 28,616$; $p < 0,001^*$	Урбана: 35,4% Рурална: 12%	$\chi^2 = 49,657$; $p < 0,001^*$	Први: 3,8% Други: 16% Трећи: 34,8% Четврти: 41,7%
30 km/h и 80 km/h	$\chi^2 = 0,877$; $p = 0,349$	Девојчице: 27% Дечаци: 22,4%	$\chi^2 = 26,508$; $p < 0,001^*$	Урбана: 36,5% Рурална: 13,5%	$\chi^2 = 27,683$; $p < 0,001^*$	Први: 7,7% Други: 24% Трећи: 30,4% Четврти: 38,5%
50 km/h и 80 km/h	$\chi^2 = /$ $p = /$	Девојчице: 16,8% Дечаци: 16,8%	$\chi^2 = 8,546$; $p = 0,003^*$	Урбана: 10,9% Рурална: 22,5%	$\chi^2 = 51,607$; $p < 0,001^*$	Први: 4,8% Други: 5% Трећи: 21,7% Четврти: 37,5%

*Постоје статистички значајне разлике $p < 0,05$

У другом делу теста, испитаницима је приказивано геометријски моделирано возило које је имало исту брзину кретања на левом и десном делу екрана. Резултати Cochran's Q теста показују статистички значајне разлике између процена брзина кретања возила за различите брзине кретања возила (поређене су одговори за три различите брзине паралелног поређења 30 km/h - 30 km/h, 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h) ($p = 0,011$) које је геометријски моделирано у виртуелном окружењу. Деца најтачније процењују најнижу брзину геометријски моделираног возила од 30 km/h - 30 km/h (52,3% тачних одговора), затим брзину од 50 km/h - 50 km/h (49,7% тачних одговора), док је најмање тачних одговора остварено за брзину кретања возила од 80 km/h - 80 km/h (37% тачних одговора). Може се закључити да су повећањем брзине кретања геометријски моделованог возила, деца теже правила процену да се возила крећу истим брзинама и сходно томе, поступно бележила мањи проценат тачних одговора.

Резултати Хи-квадрат теста за процену једнаких брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника приказани су у табели бр. 6.21.

Када се анализира место становања испитаника, статистички значајне разлике, за процену брзине кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, постоје за брзине 50 km/h - 50 km/h ($\chi^2=4,493$; $p=0,034$) и 80 km/h - 80 km/h ($\chi^2=12,688$; $p<0,001$). Становници урбане средине имају већи проценат тачних одговора за обе приказане брзине кретања возила (табела бр. 6.21).

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и процене истих брзина кретања возила у виртуелном окружењу за брзине 30 km/h - 30 km/h ($\chi^2=56,129$; $p<0,001$), 50 km/h - 50 km/h ($\chi^2=37,584$; $p<0,001$) и за брзине 80 km/h - 80 km/h ($\chi^2=58,411$; $p<0,001$). За све наведене брзине кретања возила, старија деца имају већи проценат тачних одговора. Дакле, са повећањем узраста деце, побољшава се и процена брзине кретања возила у виртуелном окружењу, које су поређене у експерименту (табела бр. 6.21).

Табела бр. 6.21 - Резултати Хи-квадрат теста за процену истих брзина кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника

Брзине (са леве и десне стране екрана)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
30 km/h и 30 km/h	$\chi^2=0,010$; $p=0,919$	Девојчице: 50,2% Дечаци: 52%	$\chi^2=2,358$; $p=0,125$	Урбана: 56,3% Рурална: 48,5%	$\chi^2=56,129$; $p<0,001^*$	Први: 26,9% Други: 45% Трећи: 66,3% Четврти: 74%
50 km/h и 50 km/h	$\chi^2=0,827$; $p=0,363$	Девојчице: 52% Дечаци: 47,4%	$\chi^2=4,493$; $p=0,034^*$	Урбана: 55,2% Рурална: 44,5%	$\chi^2=37,584$; $p<0,001^*$	Први: 26,9% Други: 48% Трећи: 59,8% Четврти: 66,7%
80 km/h и 80 km/h	$\chi^2=0,536$; $p=0,464$	Девојчице: 35,2% Дечаци: 37%	$\chi^2=12,688$; $p<0,001^*$	Урбана: 45,5% Рурална: 28,1%	$\chi^2=58,411$; $p<0,001^*$	Први: 14,4% Други: 29% Трећи: 43,5% Четврти: 63,5%

*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$

Дискусија најважнијих резултата

Један од најкомплекснијих задатака за децу у саобраћају представља процена смера и брзине кретања возила. Када се на то дода да је неприлагођена брзина возила један од најзначајнијих проблема безбедности саобраћаја, јасно је колики је изазов за истраживаче и људе који се баве безбедношћу саобраћаја да направе безбедан систем за све учеснике у саобраћају, а посебно да креирају безбедан систем за децу.

Према резултатима истраживања, за процену, у пару приказаних различитих брзина кретања возила, у виртуелном окружењу, постоје значајне разлике према месту становања испитаника за брзине 30 km/h - 50 km/h, 30 km/h - 80 km/h и за брзине 50 km/h - 80 km/h. У сва три приказана примера процене брзине кретања возила испитаници из урбане средине имају већи проценат тачних одговора. Испитаници из урбане средине свакодневно се сусрећу са великим бројем возила на улицама, тиме стичу искуство, што може бити повезано са њиховом бољом проценом брзине кретања возила од деце из руралних средина. Са друге стране фактор искуства у саобраћају и његов значај у процени брзине кретања возила у виртуелном окружењу, потврђују добијене статистички значајне разлике између узраста деце и процене брзине кретања возила. За све наведене примере процене брзине кретања возила у виртуелном окружењу, старија деца имају већи проценат тачних одговора, од млађе деце.

Када се пореде резултати процене за исте (30 km/h - 30 km/h; 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h) и различите (30 km/h - 50 km/h; 30 km/h - 80 km/h и 50 km/h - 80 km/h) брзине кретања геометријски моделираног возила, у виртуелном окружењу, већи проценат тачних одговора је у корист процене истих брзина. Деца најтачније процењују најнижу брзину геометријски моделираног возила од 30 km/h - 30 km/h (52,3% тачних одговора), затим брзину од 50 km/h - 50 km/h (49,7% тачних одговора), док је најмање тачних одговора остварено за брзину кретања возила од 80 km/h - 80 km/h (37% тачних одговора). Може се закључити да са повећањем брзине кретања геометријски моделованог возила у виртуелном окружењу, деца теже опажају да се возила крећу истим брзинама, те проценат њихових тачних одговора опада. Када се анализира место становања испитаника, статистички значајне разлике, за процену брзине кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, постоје за брзине 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h. Становници урбане средине бележе већи проценат тачних одговора за обе приказане брзине кретања возила. Резултати показују значајне разлике између узраста деце и процене истих брзина кретања возила у виртуелном окружењу за брзине 30 km/h - 30 km/h, 50 km/h - 50 km/h и за брзине 80 km/h - 80 km/h. Када се анализирају резултати процене истих брзина кретања возила, за све наведене примере, старија деца имају већи проценат тачних одговора од млађе деце.

Процена брзине кретања возила у реалним условима може бити веома небезбедна за децу, а поред тога захтева много ресурса, у виду времена, новца и људи. Примена геометријског моделирања омогућила је да се деца тестирају у различитим саобраћајним ситуацијама, на безбедан начин, у овој, као и у низу сличних студија (Meir et al., 2015; Morrongiello and Corbett, 2015; Tapiro et al., 2016). Значај примене геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају огледа се у њеној једноставности, а деца кроз тестирање развијају способности и вештине, које су им неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

6.4.2. Кретање возила у реалном окружењу

Поглавље садржи резултате процене брзине кретања возила у реалном окружењу, које је деци приказивано на видео снимку.

Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног на пар видео снимака у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду

испитаника приказани су у табели бр. 6.22. Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног на пар видео снимака у реалном окружењу, нису показали статистичке значајне полне разлике.

Постоје статистички значајне разлике према месту становања испитаника, за процену брзине кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, и то само за брзине 50 km/h - 80 km/h ($\chi^2=4,408$; $p=0,036$). Испитаници из урбане средине имају већи проценат тачних одговора од деце из руралне средине, за наведени пар брзина кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу (табела бр. 6.22).

Резултати Хи-квадрат теста показују значајне статистичке разлике између узраста деце и процене брзине кретање возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, за брзине 30 km/h - 80 km/h ($\chi^2=8,608$; $p=0,035$), као и за брзине 50 km/h - 80 km/h ($\chi^2=13,956$; $p=0,003$). У оба случаја процене различитих брзина кретања возила, старија деца имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.22).

Табела бр. 6.22 - Резултати Хи-квадрат теста за процену различитих брзина кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника

Брзине (са леве и десне стране екрана)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
30 km/h и 50 km/h	$\chi^2=0,841$; $p=0,359$	Девојчице: 40,8% Дечаци: 45,9%	$\chi^2=0,003$; $p=0,957$	Урбана: 43,2% Рурална: 43,5%	$\chi^2=7,146$; $p=0,067$	Први: 40,4% Други: 36% Трећи: 43,5% Четврти: 54,2%
30 km/h и 80 km/h	$\chi^2=1,155$; $p=0,282$	Девојчице: 30,1% Дечаци: 35,7%	$\chi^2=0,333$; $p=0,564$	Урбана: 31,3% Рурална: 34,5%	$\chi^2=8,608$; $p=0,035^*$	Први: 27,9% Други: 26% Трећи: 34,8% Четврти: 43,87%
50 km/h и 80 km/h	$\chi^2=0,400$; $p=0,527$	Девојчице: 21,4% Дечаци: 18,4%	$\chi^2=4,408$; $p=0,036^*$	Урбана: 24,5% Рурална: 15,59%	$\chi^2=13,956$; $p=0,003^*$	Први: 10,6% Други: 16% Трећи: 23,9% Четврти: 30,2%

*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$

Када се анализира поређење истих брзина кретања возила, које су испитаници процењивали, резултати Cochran's Q теста показују статистички значајне разлике између

упоређивања брзина кретања возила (30 km/h - 30 km/h, 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h) ($p=0,011$). Деца највећи проценат тачних одговора имају за најнижу брзину кретања возила у реалном окружењу (30 km/h - 30 km/h, 64,8% тачних одговора), затим за брзине 50 km/h - 50 km/h деца су забележила 59,4% тачних одговора, док најмање тачних одговора деца имају за највећу испитану брзину кретања возила (80 km/h - 80 km/h) и тај резултат износи 43,9% тачних одговора. Може се закључити да што су веће брзине кретања возила у реалном окружењу, деца теже опажају да се возила крећу истим брзинама и бележе мањи проценат тачних одговора. Резултати Хи-квадрат теста за процену истих брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника приказани су у табели бр. 6.23.

Статистички значајне разлике постоје према месту становања испитаника, за процену брзине кретања возила приказаног у реалном окружењу, за све три међусобно поређене брзине: 30 km/h - 30 km/h ($\chi^2=4,117$; $p=0,042$), 50 km/h - 50 km/h ($\chi^2=8,155$; $p=0,004$) и 80 km/h - 80 km/h ($\chi^2=9,634$; $p<0,001$). Деца из урбане средине имају већи проценат тачних одговора за све приказане брзине кретања возила у реалном окружењу.

Резултати Хи-квадрат теста показују статистички значајне разлике између узраста деце и процене истих брзина кретања возила у реалном окружењу, за брзине: 30 km/h - 30 km/h ($\chi^2=67,064$; $p<0,001$), 50 km/h - 50 km/h ($\chi^2=42,386$; $p<0,001$) и 80 km/h - 80 km/h ($\chi^2=58,648$; $p<0,001$). Када се пореде процене истих брзина кретања возила које су испитаници процењивали, за све наведене примере старија деца имају већи проценат тачних одговора (табела бр. 6.23).

Табела бр. 6.23 - Резултати Хи-квадрат теста за процену истих брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу, према полу, средини становања и разреду испитаника

Брзине (са леве и десне стране екрана)	Полне разлике		Средина становања		Разред	
	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност	Chi-Square test	Тачност
30 km/h и 30 km/h	$\chi^2=2,192$; $p=0,139$	Девојчице: 61,2% Дечаци: 68,4%	$\chi^2=4,117$; $p=0,042^*$	Урбана: 69,8% Рурална: 60%	$\chi^2=67,064$; $p<0,001^*$	Први: 39,4% Други: 57% Трећи: 76,1% Четврти: 89,6%
50 km/h и 50 km/h	$\chi^2=0,011$; $p=0,918$	Девојчице: 59,2% Дечаци: 59,7%	$\chi^2=8,155$; $p=0,004^*$	Урбана: 66,7% Рурална: 52,5%	$\chi^2=42,386$; $p<0,001^*$	Први: 35,6% Други: 58% Трећи: 68,5% Четврти: 78,1%
80 km/h и 80 km/h	$\chi^2=2,030$; $p=0,154$	Девојчице: 40,3% Дечаци: 47,4%	$\chi^2=9,634$; $p=0,002^*$	Урбана: 51,5% Рурална: 35,9%	$\chi^2=58,648$; $p<0,001^*$	Први: 20,2% Други: 38% Трећи: 47,8% Четврти: 71,9%

*Постоје статистички значајне разлике $p<0,05$

Дискусија најважнијих резултата

Деци су неопходне развијене многобројне способности које им омогућавају безбедно самостално учествовање у саобраћају, а које су везане за опажање објеката у простор. Када се уз наведене компоненте дода и време, као и кретање објеката у одређеном простору - током неког времена, са једне стране, док са друге стране имамо кретање деце у истом простору и времену, долази до стварања комплексне ситуације и намеће се питање како ускладити безбедно кретање деце и возила у исти простор и у истом времену. Неопходно за самостално безбедно учествовање у саобраћају је добра процена смера и брзине кретања возила од стране деце. Према резултатима истраживања, за процену брзине кретања возила приказаног у реалном саобраћајном окружењу, постоје значајне разлике према месту становања испитаника за брзине кретања возила које се пореде (50 km/h - 80 km/h). Наведене брзине кретања возила у реалном саобраћајном окружењу тачније опажају испитаници из урбане средине. Последица оваквих резултата може бити искуство које деца из урбане средине имају у реалном саобраћајном окружењу. Деца из руралних средина сусрећу се са мањим бројем возила, најчешће по једно возило и то у једној саобраћајној траци по смеру, док се деца из урбане средине свакодневно сусрећу са великим бројем возила и са улицама које имају више од једне саобраћајне траке по смеру. Са друге стране, значај искуства за процену брзине кретања возила показује и постојање разлика између узраста деце и процене различитих брзина кретања возила, у реалном саобраћајном окружењу, за брзине кретања возила од 30 km/h - 80 km/h и од 50 km/h - 80 km/h. Из добијених резултата може се видети да старија деца имају већи проценат тачних одговора за веће брзине кретања возила (30 km/h - 80 km/h), (50 km/h - 80 km/h), док за најниже брзине кретања возила (30 km/h - 50 km/h) нема разлика између узраста деце. Овакав резултат показује да са сложеним задацима и са проценом већих брзина кретања возила, мања деца имају потешкоћа, што указује да млађа деца нису спремна за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Слични резултати могу се наћи у студијама које истичу да млађа деца (до 13 година старости) имају потешкоћа у процени брзине, смера и удаљености возила у покрету, што све доводи до повећања ризика у ситуацијама када дете треба да пређе улицу (MacGregor et al., 1999; Morrongiello et al., 2015).

Један од важнијих закључака је постојање разлика између међусобног упоређивања брзина кретања возила (30 km/h - 30 km/h, 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h). Највећи проценат тачних одговора имају деца за најнижу брзину кретања возила у реалном окружењу (30 km/h - 30 km/h, 64,8% тачних одговора), затим за брзине од 50 km/h - 50 km/h (59,4% тачних одговора), док најмање тачних одговора деца имају за највећу испитану брзину кретања возила, односно за брзину од 80 km/h - 80 km/h (43,9% тачних одговора). Може се закључити да што су веће задате брзине кретања возила у реалном окружењу, деца теже опажају да се возила крећу истим брзинама и бележе мањи проценат тачних одговора. Са друге стране, постоје разлике према месту становања испитаника, за сва три случаја брзине кретања возила које је приказано у реалном окружењу. Деца из урбане средине имају већи проценат тачних одговора за све приказане брзине кретања возила у реалном окружењу. Када се анализира процена истих брзина кретања возила, које су испитаници процењивали, за све наведене примере, старија деца имају већи проценат тачних одговора.

6.4.3. Упоредна анализа резултата процене брзине кретања возила у виртуелном и реалном окружењу

Резултати процене различитих брзина кретања возила у реалном и виртуелном окружењу, приказани су на графику бр. 6.19. Резултати McNemar-овог теста показују статистички значајне разлике између процене различитих брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу, на видео снимку и у виртуелном окружењу, и то за брзине 30 km/h - 50 km/h ($p < 0,001$), као и за брзине 30 km/h - 80 km/h ($p = 0,012$). Деца знатно тачније процењују

различите брзине кретања возила у покрету, када су возила приказана на видео снимку у реалном окружењу.

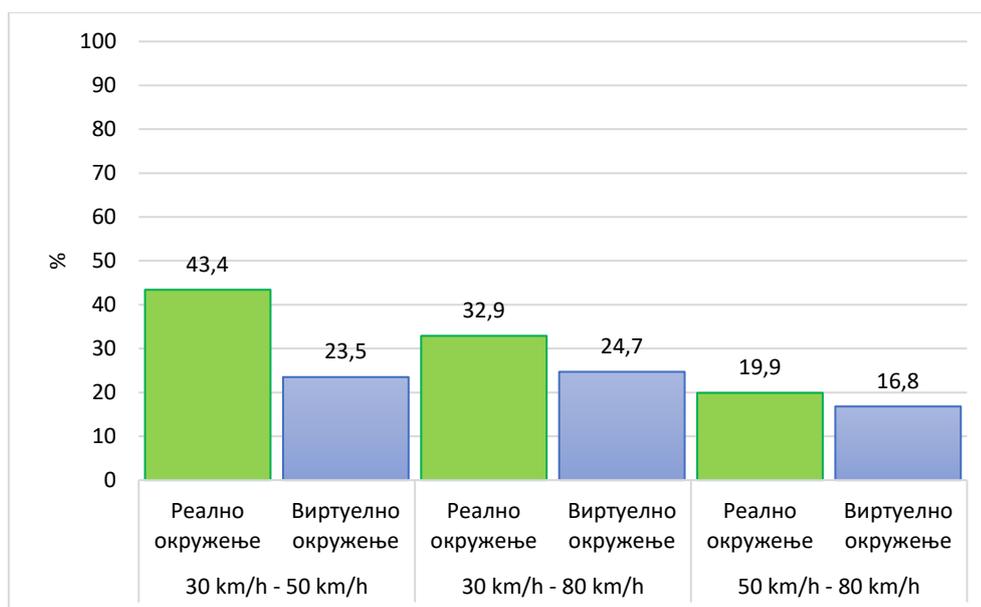


График бр. 6.19 - Процент тачних одговора, процене различитих брзина кретања возила – реално и виртуелно окружење

Када се анализирају резултати процене кретања (два) возила истих брзина, може се закључити да постоје разлике између реалног и виртуелног окружења у којима се креће возило. То потврђују и резултати McNemar-овог теста који показују статистички значајне разлике између процене истих брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу и у виртуелном окружењу за брзине 30 km/h - 30 km/h ($p < 0,001$), 50 km/h - 50 km/h ($p < 0,001$), и 80 km/h - 80 km/h ($p < 0,001$). Деца знатно тачније процењују брзине кретања возила у покрету када су им возила приказана на видео снимку у реалном окружењу (график бр. 6.20).

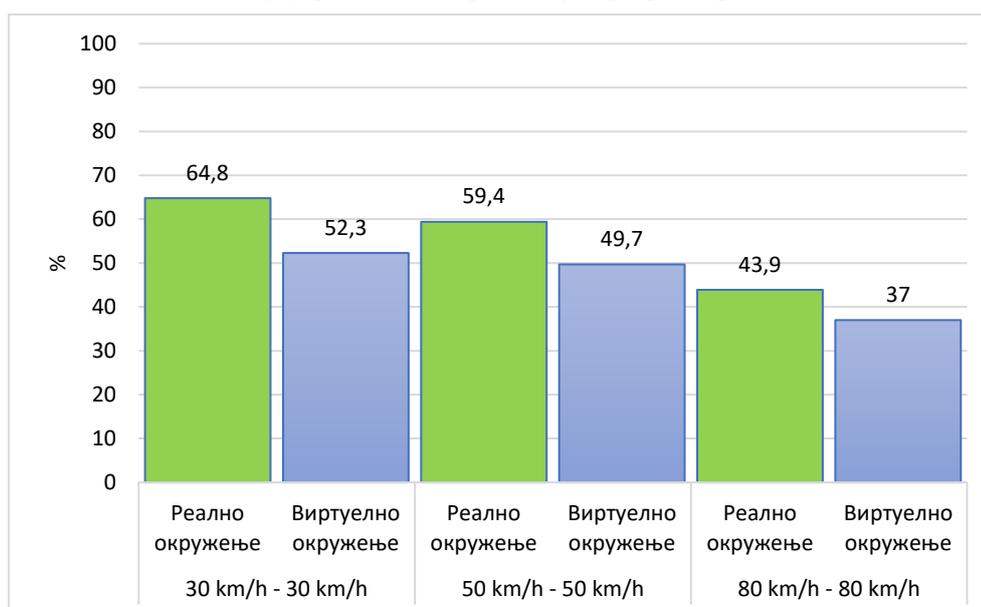


График бр. 6.20 - Процент тачних, одговора процене истих брзина кретања возила – реално и виртуелно окружење

На графику бр. 6.21 приказан је проценат тачних одговора процене брзине кретања возила у зависности у којем окружењу су деца прво тестирана, у реалном или виртуелном. Када деца прво процењују брзину кретања возила у виртуелном окружењу, она бележе 43,56% тачних одговора. Након тога, њихова процена брзине кретања возила, на видео снимку у реалном окружењу показује 32,48% тачних одговора. Деца која су прво процењивала брзину кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, бележе 35,26% тачних одговора. Одмах потом, иста деца су процењивала брзину кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, и забележила 44,44% тачних одговора (график бр. 6.21). Приказани резултати не показују да искуство има значајну улогу у процени брзине кретања возила.

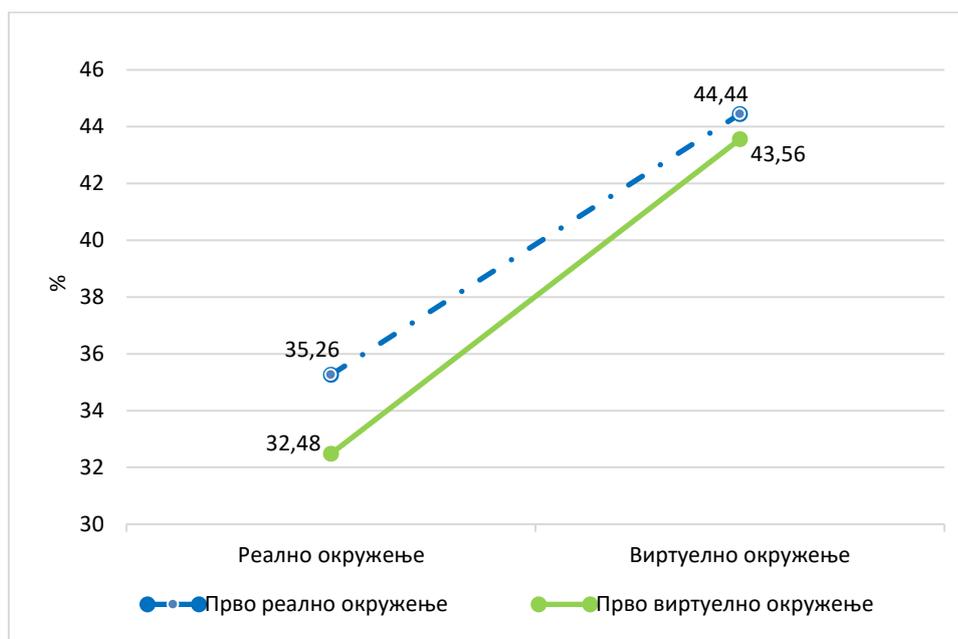


График бр. 6.21 - Процент тачних одговора деце у зависности у којем окружењу су приказана возила у покрету – у виртуелном или реалном (видео снимку) окружењу

Процена брзине кретања возила, деци представља један од највећих изазова приликом учествовања у саобраћају. Резултати приказани у овој докторској дисертацији показују разлику у процени брзине кретања возила у реалном и виртуелном окружењу, на основу којих је конструисан модел предвиђања резултата процене брзине кретања возила у реалном окружењу, од стране деце, на основу резултата процене брзине кретања возила у виртуелном окружењу. Модел једноструке линеарне регресије за предикторску варијаблу узима резултате деце у виртуелном окружењу ($V_{\text{virtuelno}}$), док за критеријумску варијаблу узима резултате деце у реалном окружењу (V_{realno}). Како је $p=0,003$, варијабла $V_{\text{virtuelno}}$ значајно утиче на варијаблу V_{realno} . Коефицијент детерминације износи 0,353, док модел објашњава 35,3% варијансе тачне процене брзине кретања возила у реалном окружењу. На графику бр. 6.22 приказана је једначина једноструке линеарне регресије (6.4) и дијаграм расипања за процену брзине кретања возила у виртуелном и реалном окружењу.

$$V_{\text{realno}} = 1,457 + 0,581 * V_{\text{virtuelno}} \quad (6.4)$$

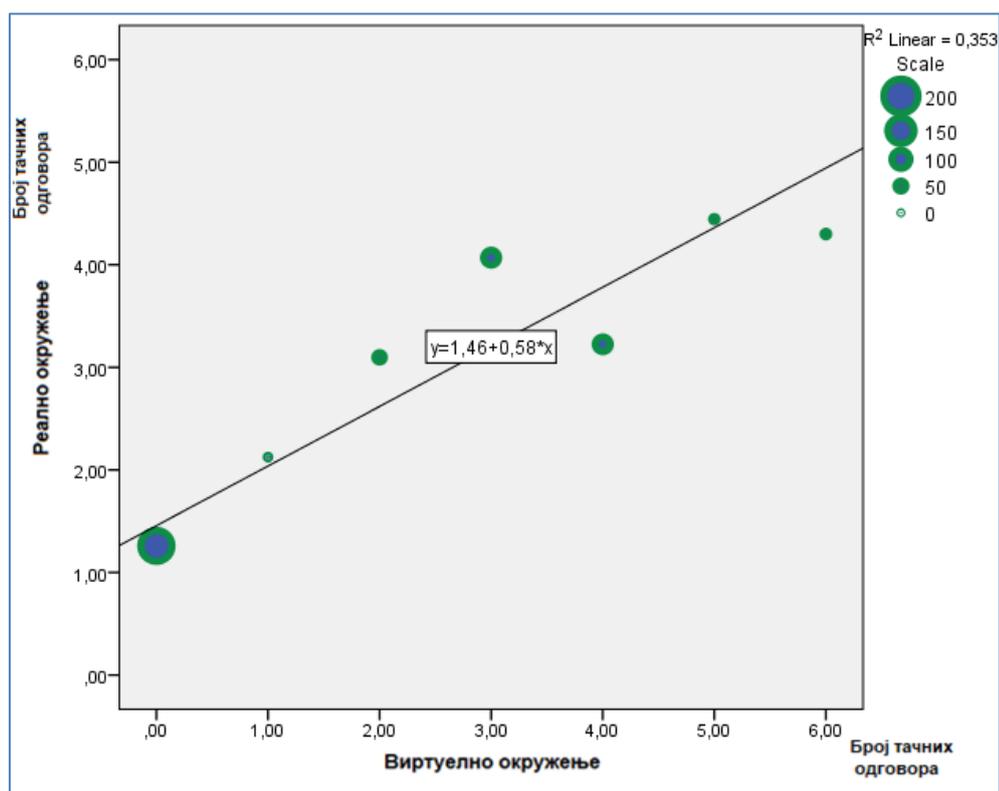


График бр. 6.22 - Приказ једначине једноструке линеарне регресије и дијаграм расипања за процену брзине кретања возила у виртуелном и реалном окружењу

Дискусија најважнијих резултата

Сложеност феномена безбедности саобраћаја, а посебно безбедности деце у саобраћају, која имају лимитиране психо-физичке карактеристике, усложњава и непоштовање брзине кретања возила од стране возача. Поштовање ограничења брзине кретања возила, сматра се једном од најважнијих мера ефикасности, као и безбедности саобраћаја на путевима. Бројне студије потврдиле су улогу и значај неприлагођене брзине кретања возила у процесу настанка саобраћајних незгода (са и без учествовања пешака у саобраћајној незгоди) (Aarts and Van Schagen, 2006; Elvik, 2013; Cascetta and Punzo, 2011; Soole et al., 2013; Wu et al., 2013; De Pauw et al., 2013). Статистички подаци из развијених земаља указују на чињеницу да је неприлагођена брзина одговорна за 30% смртних исхода у саобраћајним незгодама, док се та бројка у неразвијеним земљама креће чак око 50% (Elvik, 2013; Soole et al., 2013; Wu et al., 2013; De Pauw et al., 2013). Због несумњиве важности препознавања ризичних ситуација у саобраћају за децу, експеримент је садржао задатак процене брзине кретања возила. Резултати су показали значајне разлике између процене различитих брзина кретања возила приказаних у реалном окружењу на видео снимку и у виртуелном окружењу, и то за брзине 30 km/h - 50 km/h, као и за брзине 30 km/h - 80 km/h. Слични су резултати добијени и приликом процене истих брзина возила, за оба окружења. Значајне разлике између процене брзина кретања возила приказаног у реалном окружењу на видео снимку и у виртуелном окружењу, постоје за све тестиране брзине кретања возила (30 km/h - 30 km/h, 50 km/h - 50 km/h и 80 km/h - 80 km/h). Деца знатно тачније процењују брзине кретања возила у покрету, када су им возила приказивана на видео снимку у реалном окружењу, за разлику од возила која су приказивана у виртуелном окружењу, за све испитиване брзине кретања возила. Добијени резултати могу се искористити за едукацију и тестирање деце у сврхе процене брзине кретања возила.

Када деца прво процењују брзину кретања возила у виртуелном окружењу, она бележе 43,56% тачних одговора. Након тога, њихова процена брзине кретања возила, на видео снимку у реалном окружењу показује 32,48% тачних одговора. Деца која су прво процењивала брзину кретања возила приказаног на видео снимку у реалном окружењу, бележе 35,26% тачних одговора. Одмах потом, иста деца су процењивала брзину кретања возила приказаног у виртуелном окружењу, и забележила 44,44% тачних одговора (график бр. 6.21). Резултати добијени у експерименту омогућавају да се успостави веза између постигнућа деце на тесту процене брзине кретања возила приказаног на видео снимку, односно у реалном окружењу и процене брзине кретања возила које је приказано у виртуелном окружењу. На основу ових резултата, конструисан је модел предвиђања процене брзине кретања возила у покрету приказаног на видео снимку у реалном окружењу, на основу резултата процене брзине кретања возила у покрету приказаног у виртуелном окружењу и изражен је једначином 6.4. На основу добијене једначине може се вршити предикција резултата деце за процену брзине кретања возила у реалном окружењу, на основу њихових резултата процене брзине кретања возила у виртуелном окружењу. Тестирање процене брзине кретања возила у виртуелном окружењу деци омогућава да вежбају процену брзине кретања возила, развијају вештине и скупљају искуства, која су им неопходна за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

7. ПРИМЕНА АНР МЕТОДЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ СПОСОБНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ

7.1. Методолошки основ АНР методе

Методу аналитички хијерархијски процес (АНР - енгл. Analytic Hierarchy Process) развио је Томас Саати, почетком седамдесетих година прошлог века и она представља једну од најпознатијих и најчешће коришћених метода вишекритеријумског одлучивања. АНР метода декомпонује проблем на низ подпроблема и агрегира решења сваког од подпроблема у коначно решење. Декомпоновање сложеног проблема спроводи се кроз формирање хијерархијске структуре (Saaty, 1990; Wind and Saaty, 1980; Dimitrijević, 2016).

АНР метода омогућава креирање хијерархије проблема као припрему сценарија одлучивања, а затим вредновање у паровима елемената хијерархије (циљева, критеријума и алтернатива). На крају се врши синтеза свих вредновања и по строго утврђеном математичком моделу, одређују се тежински коефицијенти свих елемената хијерархије. Поред тога, током вредновања елемената хијерархије, све до краја процедуре и синтезе резултата, проверава се конзистентност резоновања и утврђује исправност добијених рангова алтернатива и критеријума, као и њихових тежинских вредности (Saaty, 1990; Wind and Saaty, 1980).

Методолошки посматрано, АНР метода је вишекритеријумска техника која се заснива на разлагању сложеног проблема у хијерархију. Циљ се налази на врху хијерархије, док су критеријуми, подкритеријуми и алтернативе на нижим нивоима. На пример, у области безбедности саобраћаја, може се састојати од главног циља, који у овој области може бити на пример "побољшање безбедности саобраћаја", неколико критеријума који доприносе том циљу (нпр. показатељи безбедности саобраћаја) и одређеног броја варијанти од којих треба да буде изабрана најбоља (Пешић, 2012).

Аналитички хијерархијски процес је флексибилан, јер омогућава да се код сложених проблема, са много критеријума и алтернатива релативно лако нађу релације између утицајних фактора, препозна њихов експлицитни, или релативни утицај и значај у реалним условима и одреди доминантност једног фактора, у односу на други. Наведени метод антиципира чињеницу да се и најсложенији проблем може разложити на хијерархију и то тако да су у даљу анализу укључени и квалитативни и квантитативни аспекти проблема. АНР метода држи све делове хијерархије у вези, тако да је једноставно видети како промена једног фактора утиче на остале факторе (Saaty, 1990; Wind and Saaty, 1980; Dimitrijević, 2016).

7.2. Математички основ АНР методе

На почетку примене АНР методе, потребно је дефинисати хијерархијски модел и његове елементе, са циљем на врху, критеријумима и подкритеријумима као следећим нивоима, док су на последњем нивоу алтернативе. По завршетку структурирања проблема у хијерархију, доносиоци одлуке започињу са процедуром одређивања приоритета, како би одредили релативне важности (тежинске коефицијенте) елемената на сваком од хијерархијских нивоа. Одређивање приоритета подразумева спровођење поступка, у оквиру кога се, по паровима пореде сви елементи на једном хијерархијском нивоу, у контексту њихове међусобне важности, коју имају у односу на надређени елемент у хијерархији. Поређење по паровима се спроводи на свим хијерархијским нивоима изузев на највишем (нултом) нивоу. Свако поређење два елемента хијерархије (модела) врши се коришћењем Saaty-јеве скале (табела бр. 7.1).

Табела бр. 7.1 - Saaty-јева скала вредновања

Лингвистички исказ	Дефиниција	Квантитативна вредност
Два елемента су идентичне важности у односу на елемент на вишем нивоу.	Иста важност	1
Незнатно фаворизовање једног елемента у поређењу са другим.	Слаба доминантност	3
Знатно фаворизовање једног елемента у поређењу са другим.	Јака доминантност	5
Доминантно висока важност једног елемента у поређењу са другим.	Демонстрирана доминантност	7
Доминантност једног елемента у односу на други је највишег степена.	Апсолутна доминантност	9
	Искази између два суседна исказа	2, 4, 6, 8

Основни концепт примене АНР метода је да експерти процењују релативни допринос сваког од показатеља на крајњи циљ и то у односу на други показатељ. Практично, експерти одговарају на питања: "Који од два показатеља је важнији?" и "Колико пута је важнији један показатељ од другог?" (Пешић, 2012). На пример, у области безбедност саобраћаја, експерт може да процени да је за безбедност деце у саобраћају, безбедно понашање детета при преласку улице, 3 пута значајније у односу на познавање значења саобраћајног знака „Аутобуско стајалиште“. У том смислу, у самом процесу је важан одабир експерата, који мора бити спроведен са посебном пажњом, јер на процену релативних односа показатеља, може да утиче његово искуство, количина знања, релативна интелигенција, лично интересовање итд. (Saaty, 1980).

Резултати поређења елемената на датом нивоу хијерархије, смештају се у одговарајуће матрице поређења. На пример, ако се међусобно пореди n елемената, тада се показатељ важности елемента i у односу на елемент j добијен на основу Saaty-јеве скале означава a_{ij} и смешта на одговарајућу позицију у матрици (табела бр. 7.2).

Табела бр. 7.2 - Формирана матрица на основу резултата поређења

a_{11}	a_{12}	...	...	a_{1n}
a_{21}	a_{22}	...	...	a_{2n}
...
...
a_{n1}	a_{n2}	...	...	a_{nn}

Поступак израчунавања тежинских коефицијената подразумева прво формирање компаративне матрице (табела бр. 7.3) на основу процена експерата (w_{ij}). Може се уочити да експерт мора спровести $n(n-1)/2$ међусобних поређења (n - број показатеља). Реципрочна вредност резултата поређења се смешта на позицију a_{ji} , да би се очувала конзистентност расуђивања. На пример, ако је елемент 1 незнатно фаворизован у односу на елемент 2, на месту a_{12} матрице А, био би број 3, док на месту a_{21} била би реципрочна вредност, односно $1/3$.

Табела бр. 7.3 - Компаративна матрица

показатељ	1	...	i	...	n
1	1	...	w_{1i}	...	w_{1n}
...
i	$w_{i1}=1/w_{1i}$	...	1	...	w_{in}
...
n	$w_{n1}=1/w_{1n}$	...	$w_{ni}=1/w_{in}$	...	...

На основу компаративне матрице (табела бр. 7.3) врши се израчунавање тзв. вектора сопствених вредности (V_{ii} - вектора сопствених вредности) (табела бр. 7.4).

Табела бр. 7.4 - Матрица вектора сопствених вредности

показатељ	1	...	i	...	n
1	$V_{11}=1/(1+\dots+w_{11}+\dots+w_{n1})$	...	$V_{1i}=w_{1i}/(w_{1i}+\dots+1+\dots+w_{ni})$	...	$V_{1n}=w_{1n}/(w_{1n}+\dots+w_{in}+\dots+1)$
...
i	$V_{i1}=w_{i1}/(1+\dots+w_{11}+\dots+w_{n1})$	...	$V_{ii}=1/(w_{1i}+\dots+1+\dots+w_{ni})$	...	$V_{in}=w_{in}/(w_{1n}+\dots+w_{in}+\dots+1)$
...
n	$V_{n1}=w_{n1}/(1+\dots+w_{11}+\dots+w_{n1})$	...	$V_{ni}=w_{ni}/(w_{1i}+\dots+1+\dots+w_{ni})$	...	$V_{nn}=1/(w_{1n}+\dots+w_{in}+\dots+1)$

Тежински коефицијент, за сваки од показатеља, се израчунава као однос суме редова, у којима се налазе вектори сопствених вредности и броја показатеља, на основу следећег израза:

$$TK_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_i V_i \quad (7.1)$$

односно:

$$TK_i = \frac{1}{n} \cdot \begin{bmatrix} V_{11} + \dots + V_{1i} + \dots + V_{1n} \\ \dots \\ V_{in} + \dots + V_{ii} + \dots + V_{in} \\ \dots \\ V_{n1} + \dots + V_{ni} + \dots + V_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} TK_1 \\ \dots \\ TK_i \\ \dots \\ TK_n \end{bmatrix} \quad (7.2)$$

TK_i - тежински коефицијент показатеља i

- Конзистентност

АНР спада у популарне методе и из разлога што има способност да идентификује и анализира неконзистентности доносиоца одлука у процесу расуђивања и вредновања елемената хијерархије. Особа која оцењује, ретко је потпуно конзистентна, при процењивању вредности, или односа квалитативних елемената у хијерархији. АНР, на одређен начин, ублажава овај проблем, тако што одмерава степен неконзистентности и о томе обавештава доносиоца одлука.

Када би постојала могућност да се прецизно одреде вредности тежинских коефицијената свих елемената који се међусобно пореде, на датом нивоу хијерархије, сопствене вредности матрице (табела бр. 7.2) биле би потпуно конзистентне. Међутим, ако се нпр. тврди да је А много већег значаја од Б, Б нешто већег значаја од В, и В нешто већег значаја од А, настаје неконзистентност у решавању проблема и смањује се поузданост резултата. АНР метода даје могућност да се мере грешке у расуђивању, тако што се прорачунава индекс конзистентности за добијену матрицу поређења, а затим се израчунава и степен конзистентности. Да би се израчунао степен конзистентности (CR), прво треба израчунати индекс конзистентности (CI) према формули:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (7.3)$$

λ_{max} - максимална сопствена вредност матрице поређења

При томе важи да што је λ_{max} ближе броју n , мања ће бити неконзистентност. Да би се израчунало λ_{max} , прво треба помножити матрицу поређења (табела бр. 7.2) са вектором тежинских коефицијената, да би се одредио вектор b :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix} \quad (7.4)$$

Дељењем кореспондентних елемената вектора b и w добија се:

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \end{bmatrix} \quad (7.5)$$

И коначно, добија се да је:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (7.6)$$

Заменом вредности λ_{max} из релације (7.6) у релацију (7.3) одређује се индекс конзистентности (CI). На крају, степен конзистентности (CR) представља однос индекса конзистентности (CI) и случајног индекса (RI):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7.7)$$

Случајни индекс (RI) зависи од величине матрице и представља табличну вредност. Вредности случајних индекса приказани су у табели бр. 7.5, у којој први ред представља ред матрице поређења (величина матрице), а други вредности случајних индекса (Saaty, 1980).

Табела бр. 7.5 - Случајни индекси (Saaty, 1980)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	...

Ако је степен конзистентности (CR) мањи од 0,10, резултат је довољно тачан и нема потребе за корекцијама у поређењима и понављању прорачуна. Међутим, ако је степен конзистентности већи од 0,10, резултате би требало поново анализирати и установити разлоге неконзистентности, уклонити их делимичним понављањем поређења у паровима, а ако понављање процедуре у неколико корака не доведе до снижења степена конзистентности до толерантног лимита од 0,10, све резултате треба одбацити и поновити цео поступак из почетка (Saaty, 1980).

7.3. Примена предложеног модела на резултате тестова креираних применом геометријског моделирања

АНР представља један од најчешће коришћених метода вишекритеријумске анализе. Овај напредни метод има јасну теоријску основу и спада у тзв. транспарентне методе, у смислу да помаже доносиоцима одлука да решавају проблеме комбинацијом интуитивних, рационалних и ирационалних механизма, као и да решавају тзв. несигурне и ризичне ситуације (Forman and Peniwati, 1998). Примена поменуте методе је веома широка и примењује се и у оквиру области друмског саобраћаја, почевши од одабира најбезбедније руте за превоз опасних роба (Li et al, 2019), преко рангирања безбедности саобраћаја на сеоским путевима

(Kanuganti et al, 2017), као и рангирање опасних места на путевима (Agarwal et al, 2013). АНР метода користи се у области безбедности саобраћаја и при анализирању фактора у систему возач-возило-окружење, који доводе до саобраћајних незгода (Sordyl, 2015; Xi et al, 2016), као и за одређивање значаја индикатора безбедности саобраћаја (Hermans et al, 2008). Albert је са сарадницима (2016) применом АНР методе, и на основу тридесет анкетираних експерата, оцењивао утицај апликација за мобилни телефон на безбедност саобраћаја. Када је реч о едукацији у безбедности саобраћаја, Obregón-Biosca је са сарадницима (2018) уз помоћ АНР методе процењивао значај теоријских питања за безбедно учествовање у саобраћају шест различитих категорија учесника у саобраћају (возачи, путници у путничком возилу, путници у јавном превозу, пешаци, бициклисти и мотоциклисти).

Примена АНР методе веома је оскудна у области безбедности деце у саобраћају, као и у области геометријског моделирања. Када је реч о деци, АНР метода се користи за испитивање важности употребе нових технологија за едукацију у школама (Oddershede et al, 2015), за одабир предшколских установа (Mamat et al, 2017), као и за испитивање развоја деце (Kim et al, 2014).

У оквиру ове докторске дисертације, АНР метода користи се за одређивање вредности скорова сваког задатка, који су деца решавала у оквиру експеримента (изглед задатака детаљно је описан у поглављу 5), са циљем да се на основу тестова креираних применом геометријског моделирања и добијених скорова, односно резултата деце, направи скала, која би одређивала способност деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

На почетку примене АНР методе, дефинисан је хијерархијски модел и његови елементи, са циљем безбедног учествовања деце у саобраћају, који је на врху, критеријумима и подкритеријумима, као следећим нивоима, и на крају, на последњем нивоу су алтернативе (график бр. 7.1). На првом нивоу, издвојене су четири области: Понашање на полигону, Познавање значења саобраћајних знакова, Геометријски тест, Процена брзине кретања возила.

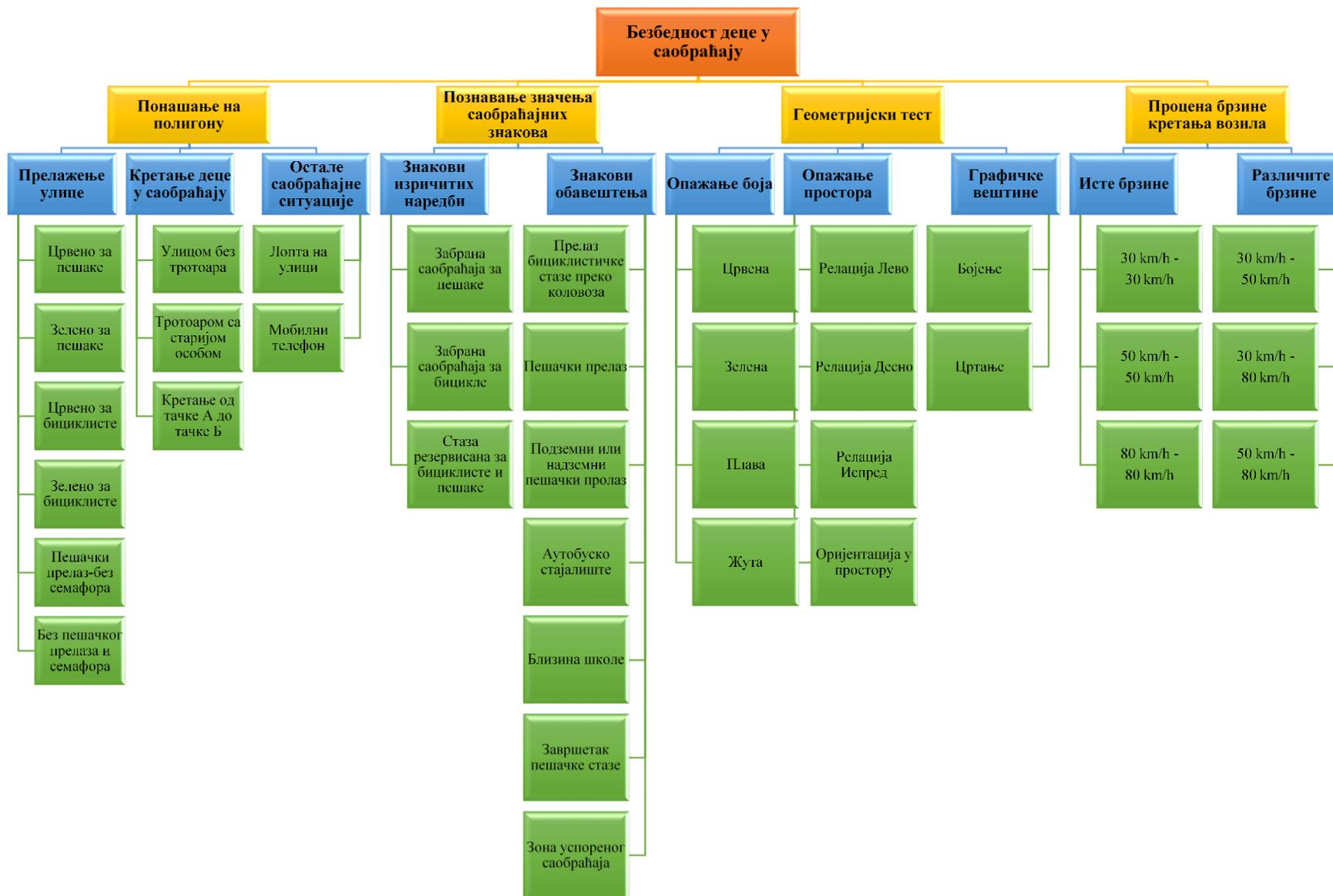
Понашање на полигону се грана на: Прелажење улице, Кретања деце у саобраћају и Остала кретања, док сваки елемент садржи одређене задатке (креиране применом геометријског моделирања), које су деца у току експеримента решавала.

Наредни сегмент јесте *Познавање значења саобраћајних знакова*, који садржи део знакова из групе изричитих наредби и део знакова обавештења, чија су значења деца имала задатак да препознају у реалности и на рачунару.

Геометријски тест садржи: Опажање боја, Опажање простора и Графичке вештине, а састоји се од низа задатака које су деца решавала у експерименту.

Процена брзине кретања возила садржи две групе питања, односно Исте и Различите брзине кретања возила, које су деца требала да процењују (график бр. 7.1).

График бр. 7.1 - Хијерархијски модел који има дефинисан циљ безбедног учествовања деце у саобраћају, са критеријумима и алтернативама



По завршетку структурирања проблема у хијерархију, започело се са процедуром одређивања приоритета, како би се одредиле релативне важности (тежински коефицијенти) елемената, на сваком од хијерархијских нивоа. Одређивање приоритета подразумева спровођење поступка, у оквиру кога се, по паровима, пореде сви елементи на једном хијерархијском нивоу, у контексту њихове међусобне важности, коју имају у односу на надређени елемент у хијерархији. Поређење по паровима се спроводи на свим хијерархијским нивоима, изузев на највишем (нултом) нивоу. Поређење елемената хијерархијског система вршили су експерти из области безбедности саобраћаја и области педагогије.

У експерименту је учествовало по девет експерата из области безбедности саобраћаја и из области педагогије. Сви експерти су доктори наука и имају објављене научне радове о деци у својим областима. Испитаници су путем „google drive“ платформе учествовали у анкети, преко које су поредили, по паровима, све елементе хијерархијске структуре, која се односи на безбедност деце у саобраћају. Анкета је садржала детаљна упутства за попуњавање, слике, приказ задатака који су креирани применом геометријског моделирања, као и детаљан опис сваког елемента који су требали да пореде. У сваком тренутку, могли су да затраже помоћ, или разјашњење било којег дела упитника. Испитаници нису били у обавези да остављају своје личне податке у анкети, осим да се изјасне из које су области (експерт из области педагогије или експерт из области саобраћаја). Време за попуњавање упитника није било ограничено, а експерти су могли да попуњавају упитник из више наврата, док им је пре почетка попуњавања упитника било предочено да треба издвојити минимално 30 минута. Свако поређење два елемента вршило се помоћу Saaty-јеве скале, која је у сваком тренутку била приказана експертима (табела бр. 7.1). Експерти су имали и могућност да дају сугестију, коментар, или образложење при сваком вредновању наведених елемената.

Након прикупљања свих експертских оцена, иницијална обрада података је урађена у Excel радној свесци. За коначну оцену поређења два посматрана елемента хијерархијског модела, узета је вредност геометријске средине оцене свих експерата за наведени пар поређења, како препоручују творци АНР методе, али и други аутори (Aczél and Saaty 1983; Saaty 1989; Forman and Peniwati 1998; Ossadnik et al, 2016). Добијени резултати поређења елемената, на датом нивоу хијерархије, смештени су у одговарајуће матрице поређења. Након тога, спроведен је поступак израчунавања тежинских коефицијената свих елемената, како је описано у поглављу 7.2 (прорачун је вршен „ручно“ у Excel радној свесци). Крајња вредност скорова сваког задатка, који су деца решавала у оквиру експеримента, израчуната је као производ тежинских коефицијената, за сваки од нивоа којем припада наведени задатак (нпр. уколико желимо да добијемо оцену задатка Црвено за пешаке, множимо вредност тежинског коефицијента које има Црвено за пешаке (0,289), вредношћу коефицијената критеријума Прелажење улице (0,488) и Понашања на полигону који има вредност 0,438. Вредност наведеног производа је 0,06177. Како је сума свих задатака једнака 1, ради лакшег приказа резултата, можемо добијену вредност помножити бројем 100 да би се добила вредност у процентима [%]. На основу напред наведеног примера добија се вредност оцене за задатак Прелажење улице, када је укључено црвено светло на семафору (вредност оцене је 6,2 - заокружена на једну децималу) (график бр. 7.2)). Резултати добијени овом методом приказани су у наставку рада.

Када се посматра први хијерархијски ниво, према резултатима прорачуна, а на основу оцена експерата, може се закључити да највећи утицај на безбедност саобраћаја имају задаци везани за Понашање деце на полигону (0,438- график бр. 7.2), затим Процена брзине кретања возила (0,201- график бр. 7.5), па следи Познавање саобраћајних знакова (0,184- график бр. 7.3) и Геометријски тест (0,177- график бр. 7.4).

У делу хијерархијске структуре који се односи на понашање деце на полигону, резултати показују да највећи утицај на безбедност саобраћаја имају радње везане за

Прелажење улице (0,488), па следе Кретање деце у саобраћају (0,296) и Остале саобраћајне ситуације (0,216). Када се посматрају укупне оцене за тестове креиране применом геометријског моделирања, из овог дела хијерархијске структуре, може се закључити да је за безбедно учествовање деце у саобраћају најважније да деца знају безбедно да се понашају када учествују у саобраћају и користе Мобилни телефон (оцена 8), затим када се крећу Улицом без тротоара (оцена 7,4) и када је упаљено Црвено светло на семафору за пешаке (оцена 6,2). Наиме, према оцени експерата, растући тренд употребе мобилних телефона код деце млађег школског узраста, представља потенцијално највећу опасност по безбедност деце у саобраћају. Најнижу оцену за безбедно учествовање деце у саобраћају имају задаци у којима деца треба да знају како да се понашају када је Зелено светло на семафору за бициклисте (оцена 1,3) и када се крећу Тротоаром са старијом особом (оцена 1,4) (график бр. 7.2).

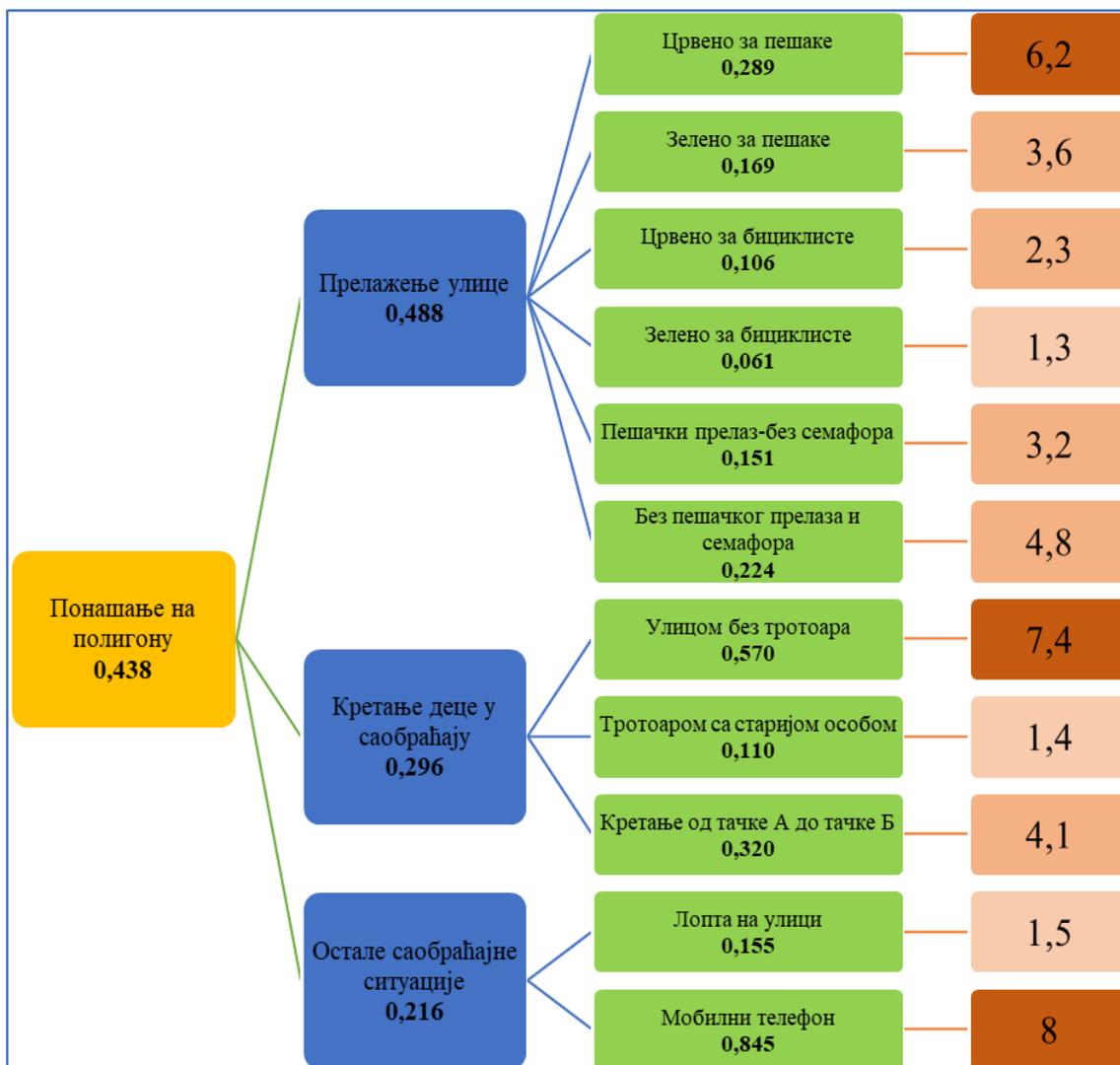


График бр. 7.2 - Део хијерархијске структуре који се односи на понашање деце на полигону са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака

На основу резултата у делу хијерархијске структуре који се односи на Познавање значења саобраћајних знакова, може се закључити да је за безбедност деце у саобраћају много важније познавање саобраћајних знакова Изричитих наредби (0,784) од познавања саобраћајних знакова Обавештења (0,216). Експерти су проценили да највишу оцену деца треба да добију за препознавање саобраћајног знака Забрана саобраћаја за пешаке (оцена 8,1). Са друге стране, најниже оцене деца добијају за познавање саобраћајних знакова Зона

успореног саобраћаја и Близина школе (оцена 0,3 за оба саобраћајна знака), као и за саобраћајни знак који означава Аутобуско стајалиште (оцена 0,4) (график бр. 7.3).

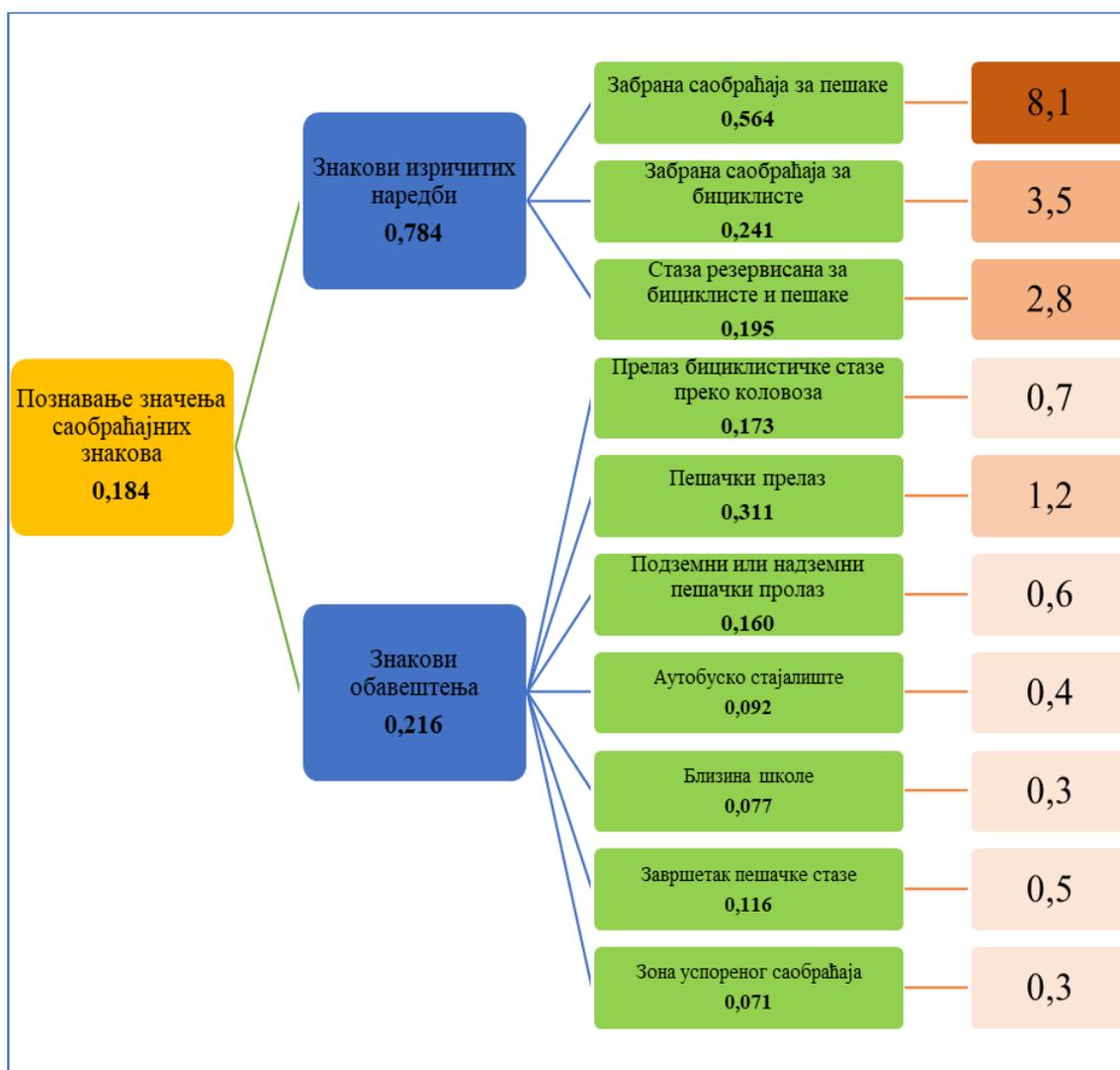


График бр. 7.3 - Део хијерархијске структуре који се односи на познавање значења саобраћајних знакова са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака

Део хијерархијске структуре односи се на геометријски тест у коме деца испољавају различите способности, које су тесно повезане са безбедним понашањем деце у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). Резултати показују да највећи утицај на безбедност деце у саобраћају има део геометријског теста који се односи на Опажање боје (0,387), затим на Опажање простора (0,364), док најмањи утицај имају Графичке вештине (0,249). Укупне оцене за делове геометријског теста, указују на то да је за безбедно учествовање деце у саобраћају најважније да деца опажају Црвену боју (оцена 3,2) и да имају развијене вештине Цртања (моторичке способности) (оцена 2,5), док је најмање битно опажање Жуте боје (оцена 0,7) (график бр. 7.4).

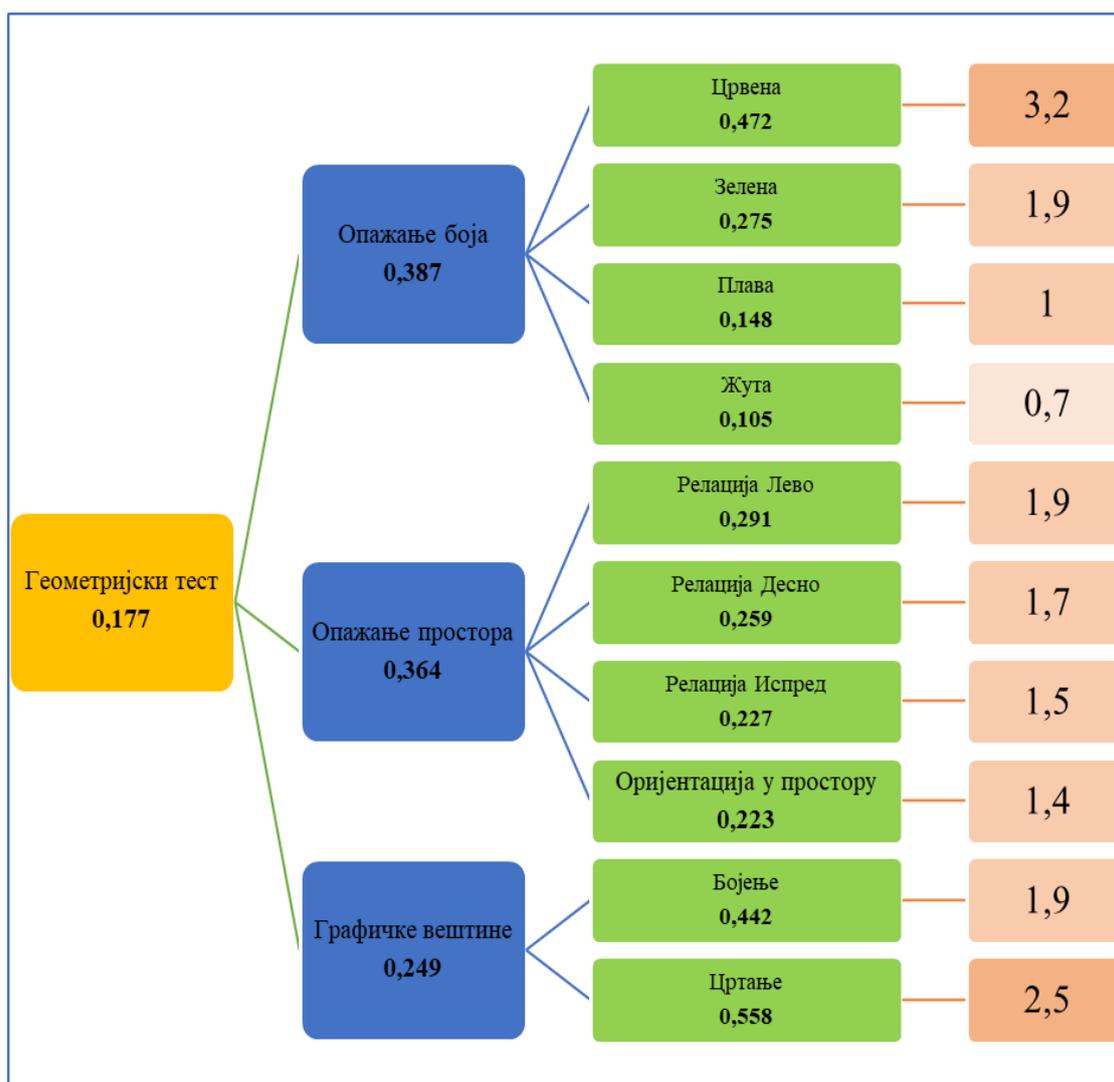


График бр. 7.4 - Део хијерархијске структуре који се односи на геометријски тест са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака

Резултати у делу хијерархијске структуре који се односи на процену брзине кретања возила у покрету, показују да је за безбедност деце у саобраћају важнија процена Различитих брзина кретања возила (0,625) од процене Истих брзина кретања возила (0,375). Експерти додељују највишу оцену (6,7) за процену брзине возила која се крећу 50 km/h – 80 km/h, до је најнижа оцена (1,5) додељена за процену брзине возила која се крећу најмањим брзинама приказаним у експерименту, односно 30 km/h – 30 km/h (график бр. 7.5).

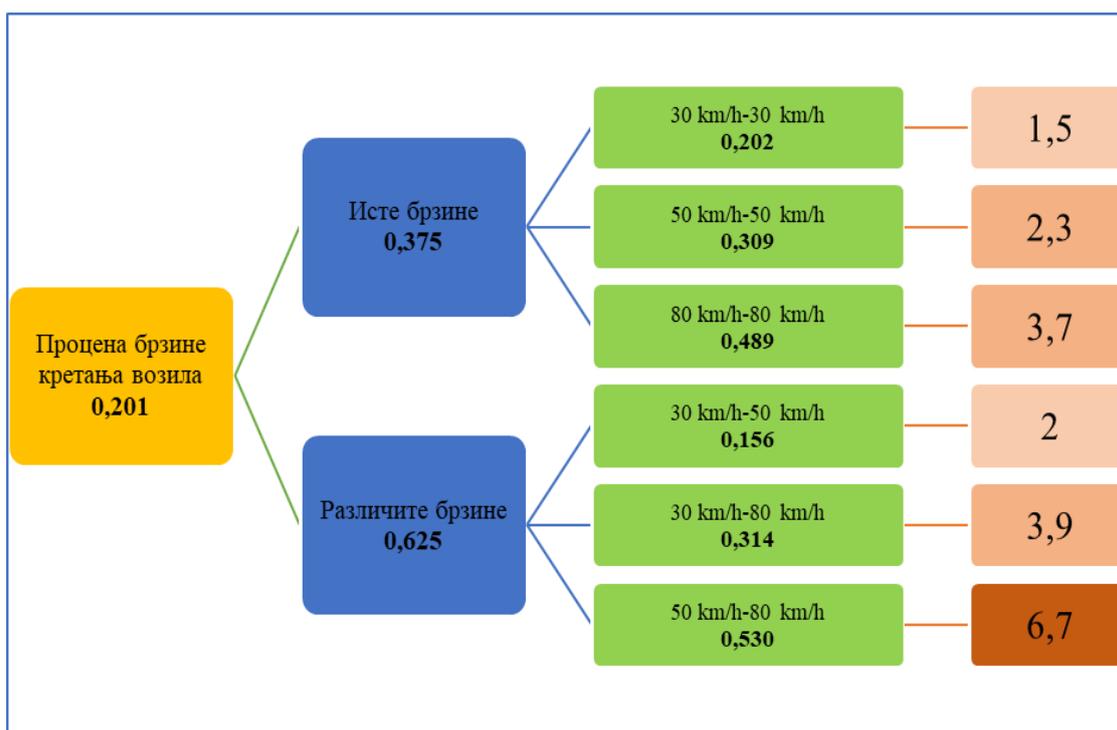


График бр. 7.5 - Део хијерархијске структуре који се односи на процену брзине кретања возила са вредностима тежинских коефицијената и оценама сваког од задатака

7.4. Примена предложеног модела на деци млађег школског узраста

На основу АНР методе добијене су вредности оцене сваког од задатака креираног применом геометријског моделирања, који су деца решавала у експерименту, а који за циљ има да испита спремност деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Да би се добила квантитативна оцена спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, на конкретним резултатима тестирања деце (експеримент), мора се извршити „повезивање“ ових резултата, са резултатима добијеним на основу експертске оцене и АНР методе. За задатке који спадају у групу понашање на полигону, познавање саобраћајних знакова и процена брзине кретања возила, појединачна оцена за сваки од задатака рачуна се на следећи начин:

$$PO = U_{01} * O \quad (7.8)$$

PO – појединачна оцена за сваки од задатака креираног применом геометријског моделирања;

U_{01} – учинак детета на задатку ($U_{01} = 1$ - уколико дете успешно уради задатак или одговори тачно; $U_{01} = 0$ - уколико дете не уради успешно задатак или одговори нетачно);

O – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене (график бр. 7.2, график бр. 7.3, график бр. 7.4 и график бр. 7.5).

Поједини задаци на геометријском тесту, због свог специфичног бодовања постигнућа деце, приказаног у поглављу 5.4.3., имају посебан начин рачунања укупних скорова. Детаљан поступак скоровања за сваки од задатака геометријског теста представљен је у табели бр. 7.6.

Табела бр. 7.6 - Поступак скоровања за сваки од задатака геометријског теста

	Задатак	Вредновање деце за понашање на полигону	Оцена на основу експертске оцене и АНР методе	Прорачун
Опажање боја	Црвена	$U_{01} = 1$ - уколико дете тачном бојом обоји кутију;	О – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене.	$PO = U_{01} * O$
	Зелена			
	Плава	$U_{01} = 0$ - уколико дете погрешном бојом обоји кутију.		
	Жута			
Опажање простора	Релација Лево	$U_{01} = 1$ - уколико дете тачном обоји задату кутију (лево, десно испред њега);	О – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене.	$PO = U_{01} * O$
	Релација Десно			
	Релација Испред	$U_{01} = 0$ - уколико дете погрешно обоји кутију (лево, десно испред њега).		
	Оријентација у простору				$U_{01}$ - узима вредност од 0 до 10 у зависности од просечне оцене положаја нацртане све четири кутије (поглавље 5.4.3.2)	О – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене.	$PO = \frac{U_{01}}{10} * O$
Графичке вештине	Бојење	U_{01} - узима вредност од 0 до 4 у зависности од броја кутија које је дете обојило, а није прешло линију која означава границу кутије (поглавље 5.4.3.2).	О – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене.	$PO = \frac{U_{01}}{4} * O$
	Цртање	U_{01} - узима вредност од 0 до 4 у зависности од броја нацртаних кутија тачне величине (поглавље 5.4.3.2).	О – Оцена додељена за конкретан задатак на основу АНР методе и експертске оцене.	$PO = \frac{U_{01}}{4} * O$

Укупна оцена се рачуна као сума свих појединачних оцена и њена максимална вредност износи 100. У наставку рада приказани су резултати укупних оцена које су деца постигла у експерименту.

На графику бр. 7.6 приказан је укупан скор деце на задацима понашања у различитим саобраћајним ситуацијама на полигону. Резултати су разврстани по разредима који деца похађају. Максималан скор на овом делу задатка износи 43,8. Са графика бр. 7.6 може се закључити да велики део деце трећег и четвртог разреда остварује максималан резултат, док најслабији резултат бележе најмлађи испитаници.

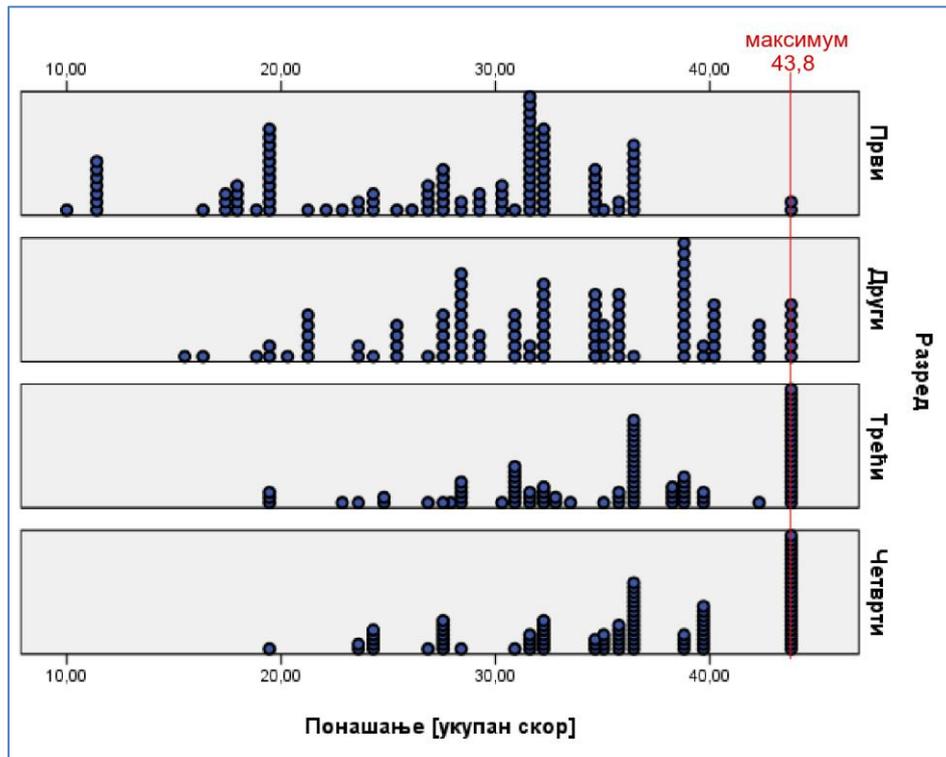


График бр. 7.6 - Укупан скор за задатке понашања деце на полигону, по разредима

Укупан скор за задатке познавања значења саобраћајних знакова, по разредима који деца похађају, приказан је на графику бр. 7.7. Са наведеног графика може се закључити да старија деца имају боље резултате од млађе деце. Такође, на графикону се види да у опсегу укупних оцена од 7 до околине максималног резултата, који износи 18,4, постоји празнина, односно веома мали број деце има укупан скор унутар наведених граница. Разлог оваквих резултата јесте велики број нетачних одговора деце за саобраћајне знакове забране кретања за пешаке и бициклисте, којима су експерти дали веома високе оцене.

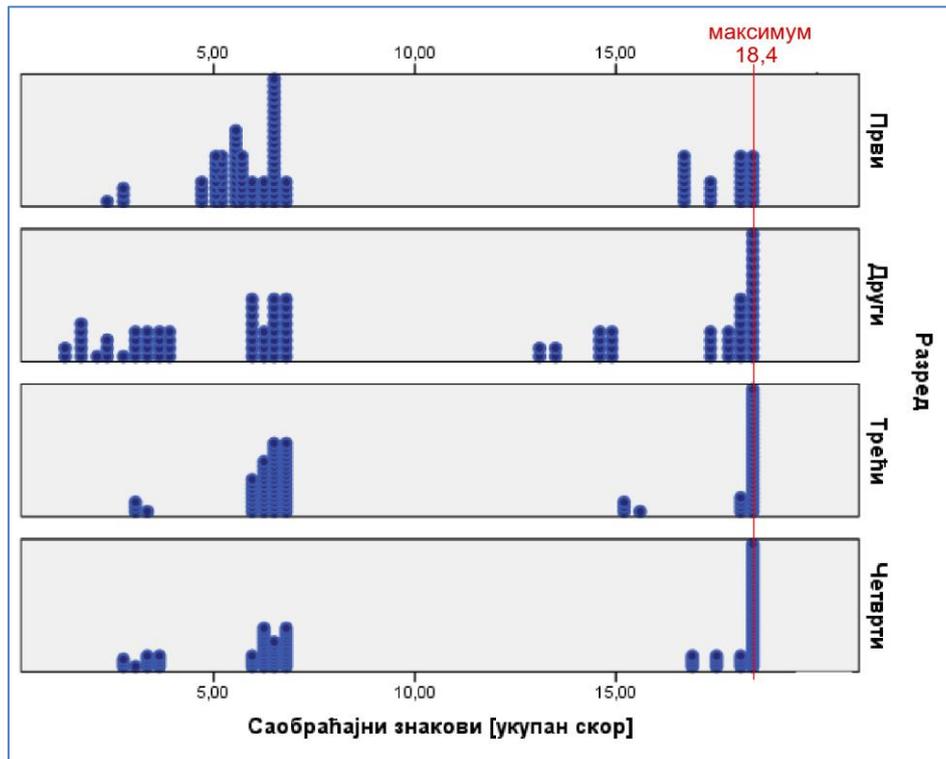


График бр. 7.7 - Укупан скор деце за задатке познавања значења саобраћајних знакова, по разредима

На графику бр. 7.8 приказан је укупан скор деце на геометријском тесту, која су разврстана по разредима. Максималан скор на овом делу задатка износи 17,7, а најближе максималном резултату су деца која похађају трећи и четврти разред.

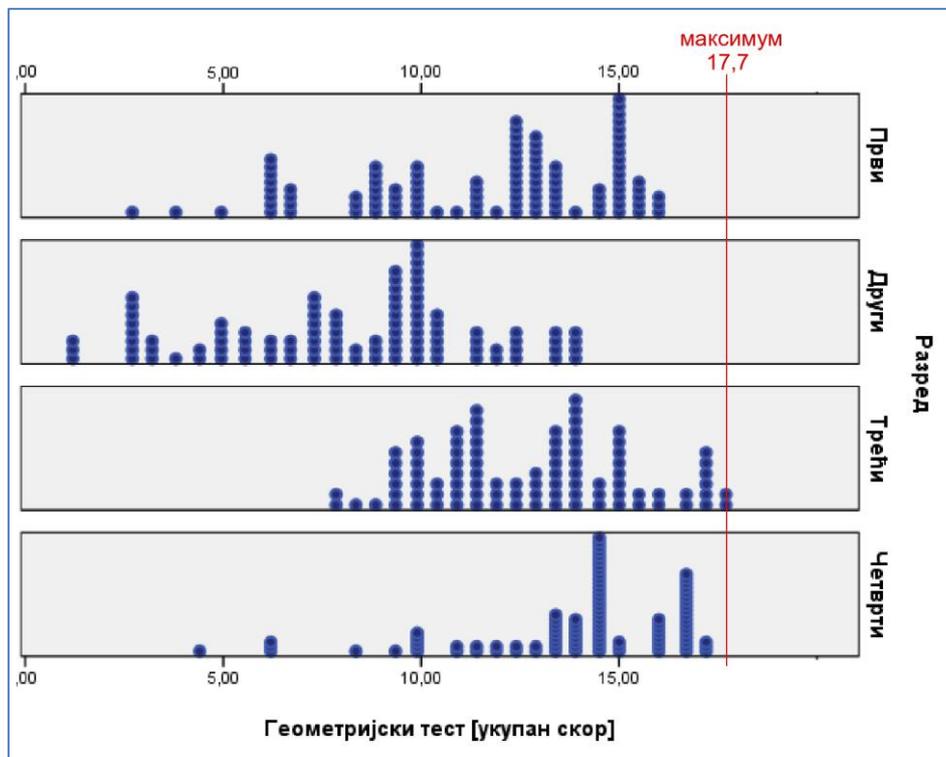


График бр. 7.8 - Укупан скор деце за геометријски тест, по разредима

Укупан скор деце за задатак процене брзине кретања возила, по разредима који деца похађају, приказан је на графику бр. 7.9. Максималан скор на овом делу задатка износи 20,1. Са наведеног графика може се закључити да старија деца имају боље резултате од млађе деце. Постоји велики број деце, највише првог и другог разреда, који имају веома слаб резултат за процену брзине кретања возила.

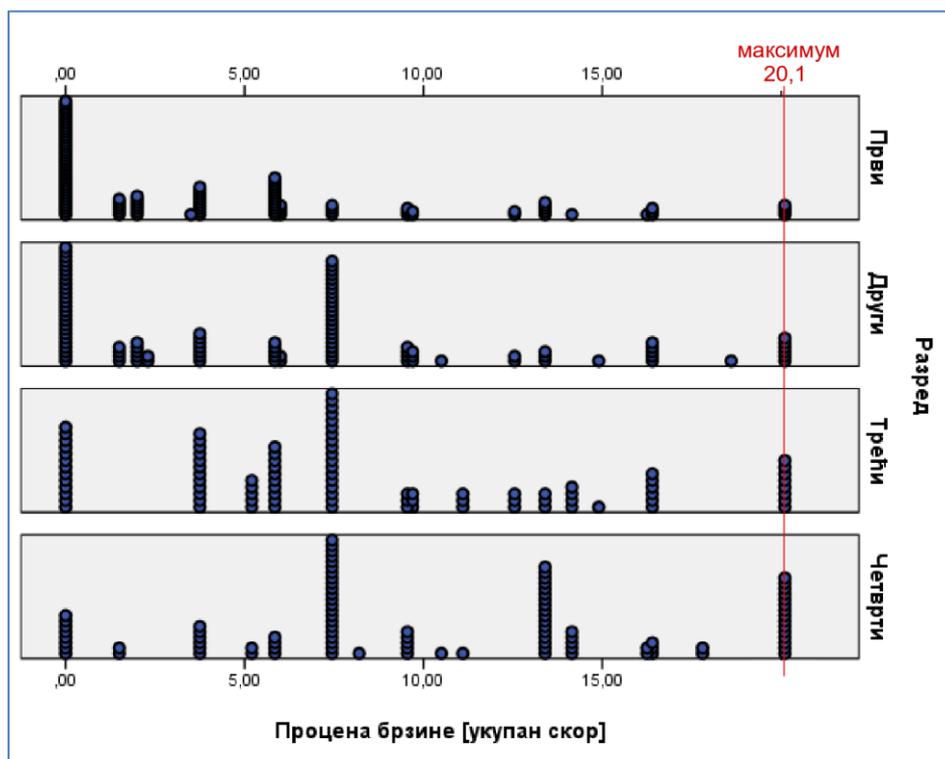


График бр. 7.9 - Укупан скор деце за задатак процене брзине кретања возила, по разредима

Када се анализира укупан резултат деце по годинама старости, може се уочити да у просеку старија деца имају више тачних одговора од млађе деце. Искуства из стручне литературе показују евидентне разлике између узраста деце за спремност самосталног учествовања у саобраћају. Према резултатима истраживања, које је спровео Трифуновић са сарадницима 2017. године, већина деце узраста од 8,5 година могу самостално безбедно да учествују у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). Међутим, студија коју су спровели Schwebel и сарадници (2012), предлаже да су деца већ од 7 година старости способна да самостално учествују у саобраћају. Насупрот томе, програм који дефинише безбедно кретање деце до школе у Америци, дефинише доњу старосну границу од 10 година за самостално безбедно учествовање у саобраћају (Mackey, 2015). На основу литературе (Rothengatter, 1984; Ampofo-Boateng et al, 1993; Hoffrage et al, 2003; Schwebel et al, 2012; Mackey, 2015; Trifunović et al., 2017a) и процене експерата, који су учествовали у експерименту (на основу добијених резултата), постављена је граница од 75 поена коју деца морају да остваре да би била спремна за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Поред наведене границе, издвојена су и елиминациона питања, која деца морају да одговоре тачно да би била спремна за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Постоје пет елиминационих питања и то су питања која по оцени експерата имају вишу вредност од оцене пет:

- Препознавање значења саобраћајног знака - Забрана саобраћаја за пешаке (оцена 8,1);
- Безбедно коришћење мобилног телефона током учествовања у саобраћају (оцена 8);

- Кретање улицом без тротоара (оцена 7,4);
- Процена брзине кретања возила за брзине 50 km/h – 80 km/h (оцена 6,7);
- Црвено светло на семафору за пешаке (оцена 6,2).

На графику бр. 7.10 приказан је укупан скор постигнут у експерименту, за саобраћајне ситуације креиране применом геометријског моделирања, за децу која су разврстана по разреду. Може се закључити, што су деца старија, имају већи скор на тесту, односно већи број старије деце је спреман за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Применом тестова који су засновани на геометријском моделирању и математичком моделу, може се одредити спремност сваког детета појединачно за самостално безбедно учествовање у саобраћају. На овај начин избегла би се генерална селекција деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, само на основу година старости деце. Такође, поред едукативног карактера наведеног теста, у коме деца уче кроз искуство, може се за свако дете одредити област у којој оно нема задовољавајући резултат. На основу таквих резултата, са сваким дететом, може се индивидуално радити на савладавању области у којој има потешкоћа и тиме вршити њихово оспособљавање за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

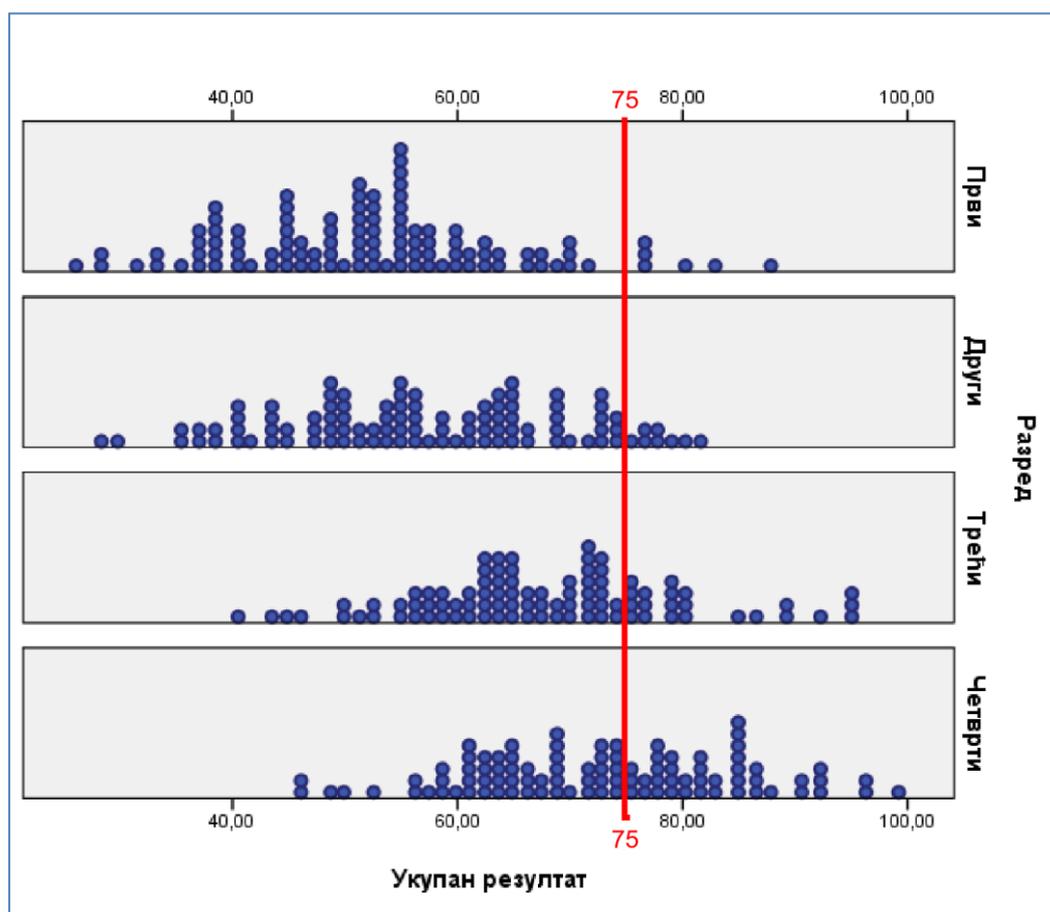


График бр. 7.10 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по разредима

На графику бр. 7.11 приказан је укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, разврстан по полу испитаника. Приближно једнак број испитаника женског и мушког пола прешао је границу која означава да је дете спремно самостално безбедно да учествује у саобраћају.

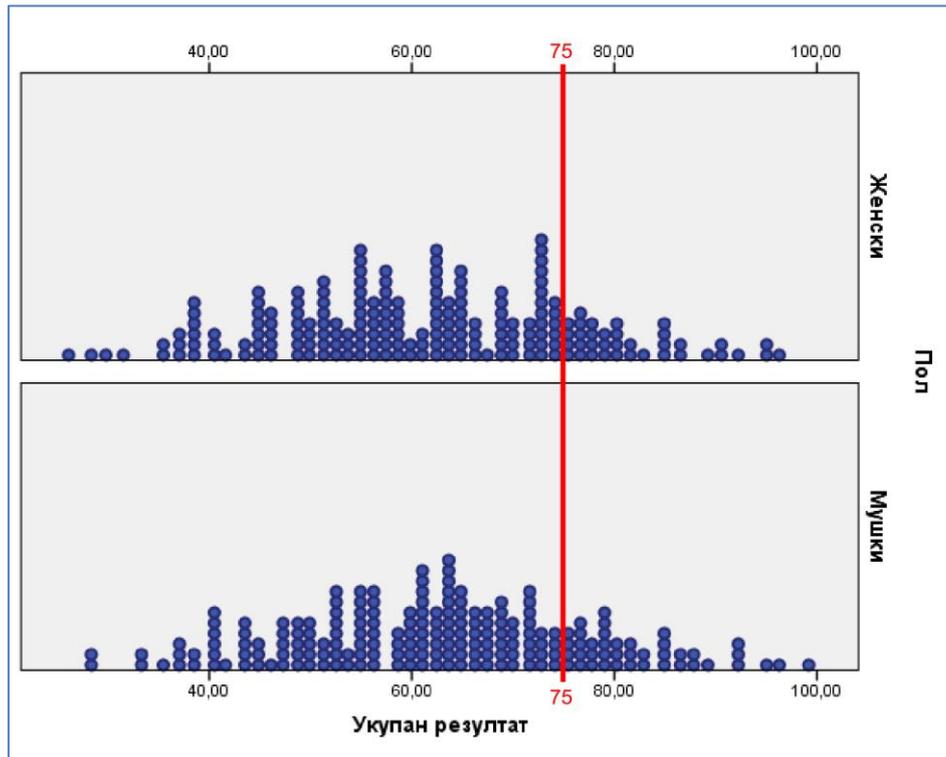


График бр. 7.11 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по полу

Укупан скор деце постигнут на тесту, која су разврстана по месту становања, приказан је на графику бр. 7.12. На основу поменутог графика може се закључити да приближно једнак број деце из урбане и руралне средине прелази границу која означава да је дете способно самостално безбедно да учествује у саобраћају.

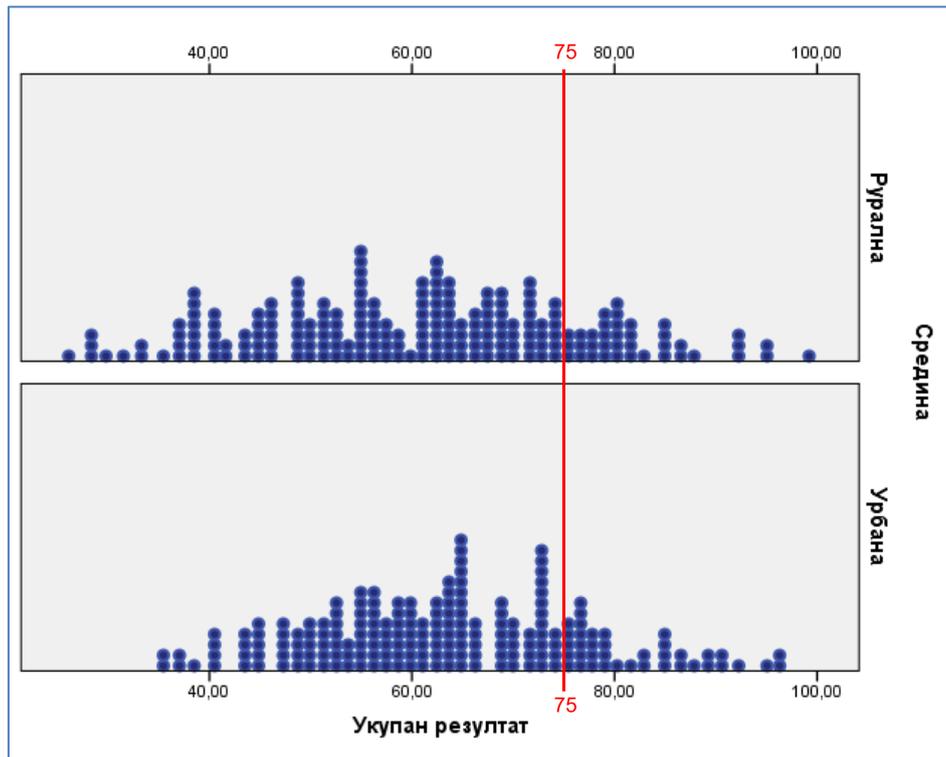


График бр. 7.12 - Укупан скор деце постигнут на тесту, за саобраћане ситуације креиране применом геометријског моделирања, по средини становања

У експерименту су учествовала два испитаника, старости 9,5 и 10 година, која су својом кривицом, као пешаци, доживели саобраћајну незгоду. Оба испитаника су из руралне средине и редовно похађају наставу са осталим ученицима. Саобраћајне незгоде су доживели са 8,5 и 9 година старости и у њима нису били теже повређени. Њихови резултати, на тесту креираном применом геометријског моделирања, приказани су на графику бр. 7.13, поред резултата остале деце која су учествовала у тестирању и чији су укупни резултати разврстани према разреду који деца похађају. Са наведеног графика може се закључити да два испитаника, која су доживела саобраћајну незгоду, имају знатно слабији укупан резултат, од просечног резултата старосне групе којој припадају (четврти разред). Такође, њихов укупан резултат је испод границе која означава да је дете способно самостално безбедно да учествује у саобраћају. Овакав резултат представља потврду начина тестирања, оцењивања и постављања границе за самостално безбедно учествовање деце у саобраћају.

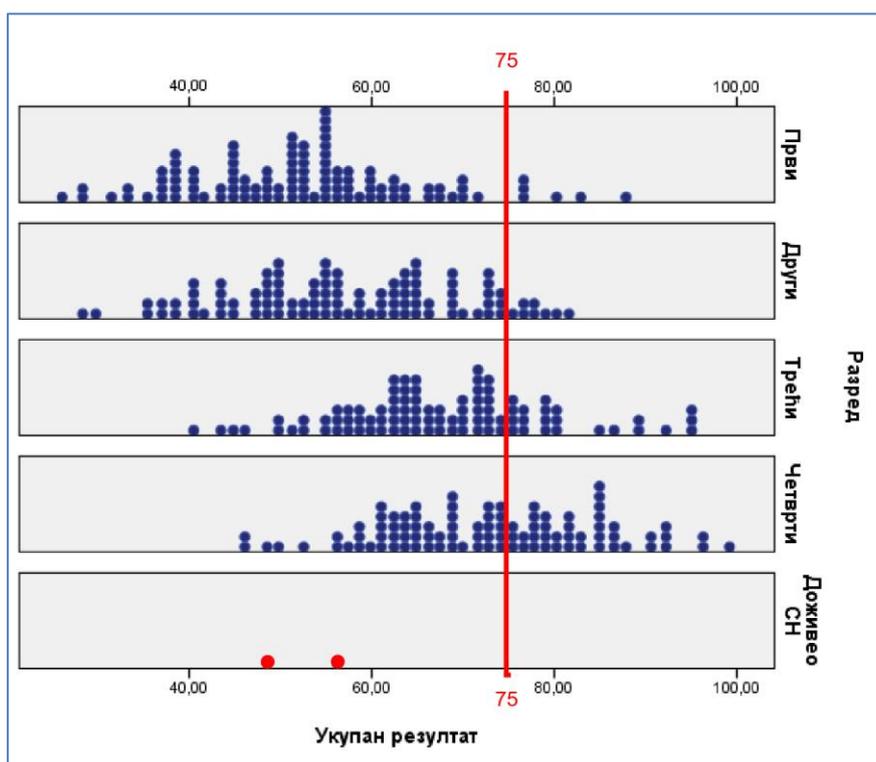


График бр. 7.13 - Укупан скор постигнут на тесту деце која су доживела саобраћајну незгоду, као пешаци и деце сва четири разреда

7.5. Употреба предложеног модела у реалним условима применом геометријски моделираних тестова на рачунару

У пракси је веома тешко спровести експериментално истраживање, или тестирати децу у реалном саобраћајном окружењу. Свако тестирање у реалном окружењу захтева много ресурса у виду опреме, људи, простора и времена. Са друге стране, неопходно је тестирати децу и испитати да ли су способна да самостално безбедно учествују у саобраћају. Као још један беневит од спровођења тестирања деце, издваја се учење деце кроз искуство приликом тестирања. Из наведених разлога, примена рачунара у едукацији и тестирању деце има веома битну улогу. Управо примена рачунара омогућава већу флексибилност и лаку примену за тестирање деце, док су деца додатно мотивисана за рад на рачунару. Из наведених разлога, на основу резултата приказаних у овој докторској дисертацији, конструисан је модел предвиђања резултата деце у реалном окружењу, на основу резултата деце, који су постигла у виртуелном окружењу, односно при тестирању на рачунару. Модел једноструке линеарне регресије, за предикторску варијаблу, узима резултате деце постигнуте у тестовима који су геометријски моделирани на рачунару (виртуелно окружење), који су пондерисани оценама за сваки појединачни задатак (поглавља 7.3 и 7.4) ($U_{\text{рачунар}}$), док за критеријумску варијаблу узима укупан резултат деце постигнут на тестовима спроведеним у реалном окружењу, који су пондерисани оценама за сваки појединачан задатак (поглавља 7.3 и 7.4) ($U_{\text{реалност}}$). Како је $p < 0,001$, варијабла $U_{\text{рачунар}}$ значајно утиче на варијаблу $U_{\text{реалност}}$. Кофицијент детерминације износи 0,55, односно модел објашњава 55% варијансе постигнућа деце у реалном окружењу. На графику бр. 7.14 приказана је једначина линеарне регресије и дијаграм расипања за укупан скор постигнут на тестовима који су спроведени на рачунару и у реалном окружењу.

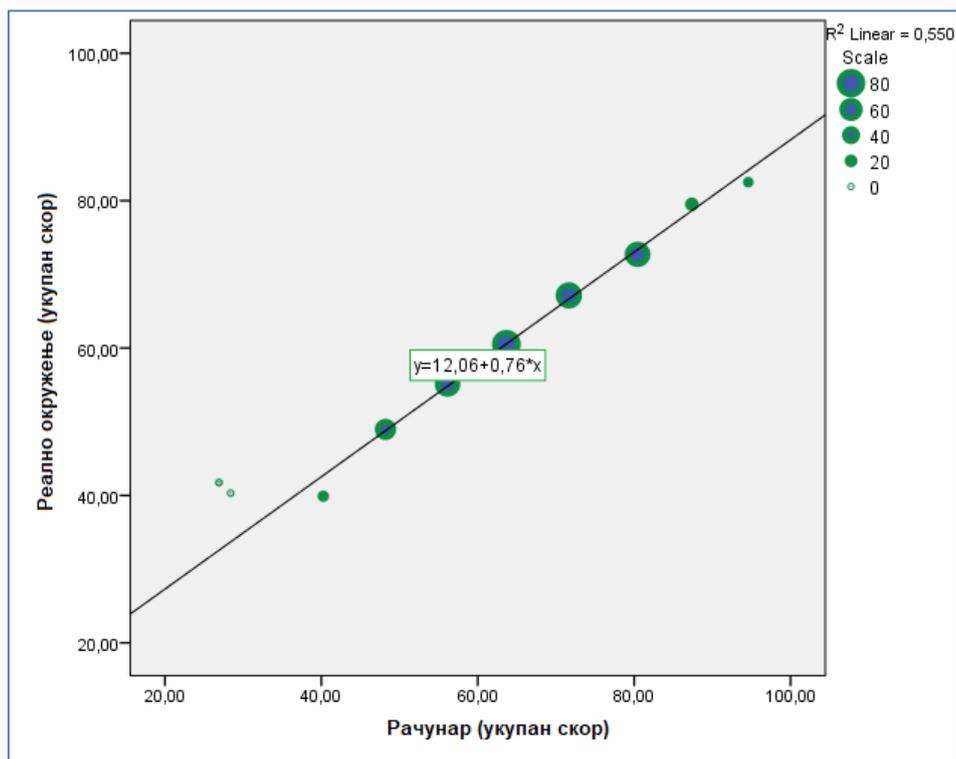


График бр. 7.14 - Приказ једначине линеарне регресије и дијаграм расипања за укупан скор постигнут на тестовима који су спроведени у виртуелном (на рачунару) и у реалном окружењу

$$U_{\text{realnost}} = 12,06 + 0,762 * U_{\text{рачунар}} \quad (7.9)$$

На основу резултата добијених једначином (7.9), који предвиђају укупан пондерисани скор деце у реалном окружењу, на основу укупног пондерисаног скор деце на рачунару, за геометријски моделиране тестове, може се одредити, за свако дете појединачно, спремност за његово самостално и безбедно учествовање у саобраћају. Граница за самостално безбедно учествовање у саобраћају, за резултате добијене помоћу наведене једначине (7.9), износи 75 поена, како је детаљно објашњено у поглављу 7.4. Имплементацију наведених тестова и модела, на деци основношколског узраста, имала би, поред битне улоге у селекцији деце са самостално безбедно учествовање у саобраћају, и едукативни карактер. Значај модела огледа се и у томе што је једноставан за примену, а деца кроз тестирање развијају своје просторне, перцептивне и моторичке способности. Такође, деца кроз тестирање уче значења саобраћајних знакова и стичу искуство у проценама брзина кретања возила, а тиме стичу и искуства за безбедно понашање у различитим саобраћајним ситуацијама. Самим тим, деца кроз тестирање унапређују своје способности, знања и вештине, за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

8. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Према извештају Светске здравствене организације (WHO), од укупног броја саобраћајних незгода, које се догоде у свету, деца учествују у 21% саобраћајних незгода, а чак 38% деце страда као пешаци (WHO, 2015). У земљама са ниским, или средњим приходима, настрада 93% свих смртно страдалих особа у саобраћајним незгодама, иако ове земље имају око 60% возила, од укупног броја возила у свету (WHO, 2019). Према многим истраживањима, у слабо развијеним подручјима повреде у саобраћајним незгодама већ представљају други водећи узрок смртно страдале деце, узраста од 5 до 14 година (Agbenorku et al., 2013; O'Toole and Christie, 2018), док у старосној групи, између 5 и 29 година, у којој спадају деца и млади, саобраћајне незгоде представљају водећи узрок смрти у свету (WHO, 2019). У Републици Србији 43 детета смртно су страдала, а још 4602 деце (старости између 0 и 14 година) било је повређено у саобраћајним незгодама, када се посматра период од 2015. до 2017. године (АБС, 2018).

Едукација учесника у саобраћају одувек је била најбоља мера за унапређење безбедности деце у саобраћају, коју су препознале, пре свих, земље са високим дохотком и које перманентно постижу добре резултате у области безбедности деце у саобраћају. Имајући у виду резултате приказаних искустава из земаља које плански раде у области безбедности саобраћаја, може се дефинисати потребан ниво знања, ставова и вештина, за безбедно учествовање у саобраћају, које се очекује код деце основно-школског узраста. Зато је важно и неопходно применити мере, које омогућавају деци да се безбедно понашају у саобраћају. Мере би требале да се састоје у схватању начина размишљања, упознавања способности и вештина деце, као и да се спроводе кроз обуку и образовање које је блиско деци. Управо тестови засновани на геометријском моделирању, који су приказани у оквиру ове докторске дисертације, омогућавају едукацију деце, развијање способности и вештина код деце, које су неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају, и то на начин који деца радо прихватају, а који не изискује много финансијских, временских и људских ресурса. Примена геометријског моделирања, на начин приказан у докторској дисертацији, омогућава тестирање деце у различитим областима и указује на области у којима деца не показују задовољавајуће резултате. На овај начин, могуће је, за свако појединачно дете, идентификовати област у којој

не показује задовољавајуће резултате и тенденциозно радити са појединцем на унапређивању области, у којој дете, из неког разлога, заостаје. Може се закључити да примена геометријског моделирања даје велике доприносе за унапређивање области безбедности деце у саобраћају, на различите начине, који су описани у овој докторској дисертацији.

Узимајући у обзир мотиве, предмет и циљ докторске дисертације, као и постављену хипотезу, најважнији закључци и доприноси ове докторске дисертације огледају се у следећем:

- Хронолошки је приказан развој геометријског моделирања и општи значај примене геометријског моделирања у различитим областима;
- Извршена је систематизација студија које су се бавиле применом геометријског моделирања у друмском саобраћају, на различите начине;
- Приказани су методолошки оквири, резултати и могућности примене нових технологија и геометријског моделирања, за едукацију и тестирање деце у области безбедности саобраћаја;
- Указано је на специфичности које имају деца као учесници у саобраћају;
- Приказан је преглед стања безбедности деце у саобраћају, са посебним освртом на начин њихове угрожености у саобраћају;
- Дефинисан је начин спровођења експерименталног истраживања и приказан је одабир начина тестирања деце. Експеримент је дефинисан тако да садржи четири различите области, које су тенденциозно састављене да обухватају проверу понашања, знања и вештина које су деци неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају;
- Приказан је детаљан начин креирања тестова у виртуелном и реалном окружењу, који су усмерени ка испитивању понашања деце у симулираним саобраћајним ситуацијама, познавању значења саобраћајних знакова, сналажење деце у геометријском тесту и процену брзине кретања возила;
- Дефинисана је процедура спровођења експеримента, начин вредновања одговора деце и поступак скоровања добијених резултата;
- Приказани су резултати понашања деце у различитим саобраћајним ситуацијама, које су деца решавала у реалном окружењу, на саобраћајном полигону. Пронађене су разлике у понашању деце према полу, месту становања и годинама старости, за различите саобраћајне ситуације на полигону;
- Идентичне саобраћајне ситуације деца су решавала на рачунару, у виртуелном окружењу. Такође су пронађене разлике у понашању деце према полу, месту становања и годинама старости;
- Формиран је модел предвиђања резултата понашања деце у саобраћајним ситуацијама, на полигону (у реалном окружењу), на основу резултата понашања деце у саобраћајним ситуацијама, у виртуелном окружењу (на рачунару);
- Приказани су резултати деце за познавање значења различитих саобраћајних знакова, који су деци приказивани у реалном окружењу (на полигону), а првенствено су намењени пешацима и бициклистима. Такође, представљене су разлике које постоје за познавање значења саобраћајних знакова, између деце која су различитог пола, места становања и различитих година старости;
- Деца су имала задатак да у виртуелном окружењу (на рачунару) препознају значење саобраћајних знакова. Уочене су разлике у тачности препознавања значења саобраћајних знакова између пола, средине становања и година старости деце;
- Формиран је модел предвиђања резултата познавања значења саобраћајних знакова, који су деци приказивани у реалном окружењу (на полигону), на основу резултата познавања значења саобраћајних знакова, који су деци приказивани у виртуелном окружењу (на рачунару);

- Применом геометријског моделирања, креирани су нови саобраћајни знакови, који се односе на Забрану саобраћаја за пешаке, Забрану саобраћаја за бицикле и Близину школе. Такође, резултати истраживања, показали су да деца најлакше уочавају саобраћајни знак, када је доња ивица саобраћајног знака постављена на растојању 1,9 m од земље;
- Детаљно су приказани резултати деце остварени на геометријском тесту, који је деци задат у реалном окружењу, а који су деца решавала на папиру. Резултати су показали да постоје разлике у постигнућу деце, за различите задатке, у оквиру геометријског теста, према полу, месту становања и годинама старости деце;
- Геометријски тест деци је задат и у виртуелном окружењу, а деца су наведени тест решавала на рачунару. Детаљни резултати показали су да постоје разлике у постигнућу деце, када тест решавају на рачунару, и то према полу, месту становања и годинама старости деце;
- Дефинисан је модел предвиђања резултата деце на геометријском тесту, који су деца решавала на папиру, на основу резултата истоветног теста, који су деца решавала на рачунару;
- Објашњене су разлике, које по полу, месту становања и годинама старости, постоје за резултате деце који се односе на процену брзине кретања возила у реалном окружењу;
- Приказани су резултати деце за процену брзине кретања возила које се налази у виртуелном окружењу. Може се закључити да за процену брзине кретања возила, које се налази у виртуелном окружењу, постоје разлике између резултата деце према полу, месту становања и годинама старости;
- Формиран је модел предвиђања резултата процене брзине кретања возила, које је деци приказано у реалном окружењу, на основу резултата процене брзине кретања возила, које је деци приказано у виртуелном окружењу;
- Дефинисане су вредности оцена сваког појединачног задатка за четири дела тестирања (понашање у саобраћају, значење саобраћајних знакова, геометријски тест и процена брзине кретања возила), на основу експертских оцена (експерата из области саобраћаја и области педагогије) и АНР методе;
- Предложена је граница која означава минималан број поена остварених на тестовима и дефинисана су елиминациона питања за селекцију деце, која имају развијене способности, знање и понашање, да самостално безбедно учествују у саобраћају;
- Дат је и кратак критички осврт на начин дефинисања спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, у постојећој литератури;
- Приказан је и начин примене предложеног модела, за одређивање спремности деце, за самостално безбедно учествовање у саобраћају, на деци млађег школског узраста. Такође, предложени модел тестиран је и на деци која су доживела саобраћајну незгоду.

Едукација деце у области безбедности саобраћаја најбоље резултате показује када се са децом ради појединачно, или ако се ради са мањом групом деце (до 5 особа)(Drott et al., 2008; Schwebel and McClure, 2010). Међутим, овакав вид едукације, тренинга, обуке или тестирања захтева много материјалних ресурса у виду опреме за обуку деце, времена потребног за квалитетну обуку сваког појединца и новчане надокнаде за особе које спроведе такав програм. Примена геометријског моделирања, у области безбедности деце у саобраћају, омогућила је да се са минималним ресурсима, применом рачунара, деца тестирају, едукују, а уједно и да развијају своје вештине за безбедно учествовање у саобраћају. Примена теста, који је приказан у докторској дисертацији, омогућава деци да се тестирају и уједно уче безбеднијем понашању у саобраћају, уз ангажовање минималних ресурса у погледу опреме, времена и људи. Због специфичности теста који обухвата неколико области, деца могу учити и увежбавати радње у симулираним саобраћајним ситуацијама и учити значење саобраћајних знакова. Такође, тест садржи и делове који су намењени за увежбавање способности везаних за сналажење у простору, опажање и меморисање објеката, као и процену брзине кретања возила. Решавањем

наведених тестова, деца стичу искуства и развијају своје вештине, које су им неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Са друге стране, потпуно је искључена субјективност инструктора (наставника, учитеља, предавача) који спроводи тестирање деце, са аспекта оцењивања постигнућа деце на тестовима. За сваки од тестова јасно је прописан начин вредновања резултата. Ограничење сличних програма, који се баве тестирањем деце у саобраћају, управо се огледа кроз подршку коју инструктор даје детету, приликом објашњавања начина решавања задатака, што касније може имати утицаја на објективност излазног резултата (Zeedyk et al., 2002). Активно учење, које се промовише применом теста приказаног у овој докторској дисертацији, спада међу најефикаснијим начинима учења код деце (Bonwell and Eison, 1991; Fisher, 2005; Schunk, 2012).

Многе студије показују да родитељи и наставници имају велики утицај на едукацију и оспособљавање деце за безбедно учествовање у саобраћају (Morrongiello and Barton, 2009; Morrongiello and Corbett, 2015; Gitelman et al., 2019), и указују на то, да су родитељи способни да процене када је њихово дете спремно да самостално безбедно учествује у саобраћају. Међутим, родитељи не могу да избегну субјективност у доношењу такве оцене, па се резултати родитеља у оваквим проценама разликују, у складу са степеном ризика који су они спремни да преузму, при доношењу одлуке и давању дозволе деци да самостално учествују у саобраћају. Осим тога, родитељи су склони да прецењују способности и вештине које деца одређеног узраста поседују (Morrongiello and Corbett, 2015; Gitelman et al., 2019), што их може навести да детету дају дозволу за самостално учествовање у саобраћају и пре него што је оно заправо способно за осамостаљивање у саобраћају. Из наведеног разлога, за безбедност деце у саобраћају, веома је битно да се деца тестирају и да се на основу резултата тестова процени да ли је дете спремно самостално да учествује у саобраћају. Тестови који су приказани у овој докторској дисертацији могу имати битну улогу и служити као помоћ родитељима и наставницима, да тестирају децу, коришћењем тестова заснованих на геометријском моделирању, и на основу њихових резултата да донесу исправну одлуку о давању дозволе деци за самостално учествовање у саобраћају. Иако дете по свим критеријумима покаже задовољавајуће знање, способности и вештине за самостално учествовање у саобраћају и резултати приказаног теста заснованог на геометријском моделирању то потврђују, дете би требало постепено, уз надзор родитеља, да се осамостаљује као учесник у саобраћају.

Аутори многобројних радова предлагали су различите старосне границе за самостално безбедно учествовање деце у саобраћају. Поједини аутори сматрају да је старосна граница за самостално безбедно учествовање у саобраћају деце 7 година (Vinje, 1981). У студији која је спроведена 2017. године (Trifunović et al., 2017a), дефинисано је да већина деце узраста од 8,5 година, могу самостално безбедно да учествују у саобраћају (Trifunović et al., 2017a). Appleyard у својој студији истиче да су деца старости између 9 и 10 година, способна да препознају ситуацију у саобраћају, која за њих није безбедна (Appleyard, 2017). Програм који дефинише безбедно кретање деце до школе у Америци, дефинише доњу старосну границу од 10 година, за самостално безбедно учествовање деце у саобраћају (Maskey, 2015). Насупрот наведеним студијама, поједини аутори сматрају да чак и одређена група деце, која има више од 14 година старости, нема развијене способности да самостално безбедно учествују у саобраћају (Plumert and Kearney, 2014; O'Neal et al., 2018). У овој докторској дисертацији је, применом тестова заснованих на геометријском моделирању и математичких апарата, дефинисан модел, за одређивање спремности сваког детета појединачно, за самостално безбедно учествовање у саобраћају. На овај начин, показано је да генерална селекција деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, која се првенствено заснива на броју година старости деце, није поуздана, прецизна и не селектује децу у потпуности исправно. Са друге стране, помоћу тестова и модела који су тема ове докторске дисертације, а на основу резултата истраживања, показано је да је спремност за самостално безбедно учествовање деце у саобраћају могуће квантификовати. Такође, поред едукативних могућности које пружа тест (деца уче кроз

искуство), могуће је, за свако дете појединачно, одредити област у којој оно не показује задовољавајући резултат. На основу резултата тестова, са сваким дететом може се индивидуално радити на савладавању области у којој има потешкоће и тиме вршити његово оспособљавање за самостално безбедно учествовање у саобраћају.

У Републици Србији, земљи у којој је спроведено представљено истраживање, у периоду од 2015. до 2017. године, повређено је 1500 деце пешака. Анализом података о броју повређене деце, по годинама старости, уочава се да након пете године старости, постоји нагли раст броја повређене деце, у својству пешака, који достиже максимум код деце старости од 11 година (174 деце је повређено). Идући ка старијој деци, до 14 година старости, број повређене деце пешака се благо смањује. Када се анализирају подаци о броју повређене деце, по годинама старости, у својству пешака, у дефинисаном периоду од три године, погинуло је 13-оро деце, од којих је више од половине (62%) узраста од 11 до 14 година, док је 8% деце старости од 8 година (АБС, 2018). Применом наведених тестова, заснованих на геометријском моделирању, над децом школског узраста, може се превентивно деловати и тестирати деца, да би се проверило њихово знање, као и њихове способности и вештине, које су им неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Начин креирања представљених тестова, омогућава да се сваки појединац засебно тестира и на основу добијених резултата, могу се дефинисати области, које испитани појединац није решио на задовољавајући начин. На основу таквих анализа, могу се анализирати потенцијални разлози за добијени резултат, на основу чега се може одредити листа приоритетних области, које тестирање појединаца мора да унапреди. Само тестирање и учествовање у експерименту има и едукативан карактер. Резултати истраживања, показали су да деца уче кроз искуство, па тако приликом тестирања и решавања различитих саобраћајних, геометријских, просторних и меморијских тестове, деца развијају своје способности и вештине, које су им неопходне за безбедно учествовање у саобраћају. Уједно деца стичу нова знања и искуства, која им у реалним саобраћајним ситуацијама могу спасити живот.

Као крајњи закључак може се констатовати да предложени модел за одређивање спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, у односу на анализирану литературу, пружа поузданије резултате и унапређује едукацију деце. Такође, утиче и на развој способности и вештина, које су деци неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. Овде се пре свега мисли да не постоји тачно дефинисана граница у броју година, према којој се треба управљати за одређивање „тренутка“ када је дете спремно за самостално учествовање у саобраћају. Научни приступ истраживања, у области безбедности саобраћаја, какав је приказан у овој докторској дисертацији, за разлику од опсервационих студија, које се баве испитивањем спремности деце за самостално учествовање у саобраћају, даје брже, јефтиније, свеобухватније и поузданије резултате.

Практична вредност, предложеног модела за одређивање спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, огледа се у чињеници да може послужити као моћан алат у тестирању и едукацији деце о безбедности саобраћаја, на одређеном подручју. Имајући у виду да је предложени модел једноставан, поуздан и како је већ виђено, даје квалитетне резултате, могу га користити сви субјекти који се баве безбедношћу деце у саобраћају. Помоћу наведеног модела, родитељи или наставници, могу да тестирају и едукују децу за безбедно учествовање у саобраћају. На основу предложеног модела, добијених резултата и нових знања о понашању деце у саобраћају, омогућено је родитељима или наставницима да добију праву слику спремности сваког детета о његовим способностима, знању и вештинама, које су му неопходне за самостално учествовање у саобраћају. Применом предложеног модела и тестирањем деце, може се превентивно деловати и тиме сачувати деца од потенцијалног учествовања у саобраћајним незгодама. Резултати, који су наведени у овој докторској дисертацији потврђују полазне хипотезе и показују да постоје позитивни ефекти примене геометријског моделирања у тестирању и едукацији деце о безбедности у саобраћају,

са једне стране, и неопходности да се овакви начини тестирања и истраживања унапређују и спроводе у будућности.

У циљу усавршавања и унапређења тестирања, едукације и селекције деце за безбедно учествовање у саобраћају, будућим активностима било би пожељно:

- Анализирати понашање деце у већем броју различитих саобраћајних ситуација;
- Испитати утицај величине, облика и боје саобраћајних знакова на опажање деце;
- За потребе геометријског теста, уврстити већи број различитих објеката и анализирати утицај различитих боја, положаја у простору и величина задатог објекта, на опажање деце;
- Анализирати утицај боје, величине и категорије возила, на процену брзине кретања возила;
- Уврстити различите брзине кретања возила, као и различите околине пута и временске услове, у којима се возило креће, за процену брзине кретања возила;
- Испитати да ли постоји утицај упаљених дневних светала на возилу, за процену брзине кретања возила и опажање возила, од стране деце;
- Уврстити већи број експерата (родитеља, наставника итд.) за одређивање оцене сваког појединачног задатка тестирања;
- Тестирати већи број деце из различитих средина, као и децу предшколског и старијег школског узраста;
- Експеримент спровести у контролисаним условима реалног окружења уз присуство возила;
- Тестирати утицај различитих облика нове технологије за презентовање геометријски моделираних саобраћајних ситуација. Испитати како деца решавају приказане тестове на мобилном телефону, таблет рачунару (различитих дијагонала), али и у виртуелном окружењу уз помоћ 3Д наочара;
- Пратити истраживања која су усмерена на примену геометријског моделирања у тестирању спремности деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, која ће бити реализована на глобалном нивоу и по потреби усаглашавати и унапређивати предложене тестове.

Велики број развијених држава у свету препознао је практични значај едукације, тестирања и унапређивања способности и вештина које су деци неопходне за самостално безбедно учествовање у саобраћају. На основу тога, дефинисали су планове и програме обуке и тестирања деце у вртићима и школама. Имајући у виду да је у образовном систему Републике Србије, област која се бави безбедношћу саобраћаја, неоправдано и неосновано запостављена и занемарена, а да је предложени тест, заснован на примени геометријског моделирања, показао своју функционалност у приказаном истраживању, пожељна би била његова шира имплементација. На тај начин, био би учињен значајан корак у едукацији и тестирању деце за самостално безбедно учествовање у саобраћају, на територији Републике Србије, а напори аутора да својим радом допринесе унапређењу безбедности деце у саобраћају, на својој матичној територији, додатно би добили на значају.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 215-224.
- [2] Åbele, L., Haustein, S., & Møller, M. (2018). Young drivers' perception of adult and child pedestrians in potential street-crossing situations. *Accident Analysis & Prevention*.
- [3] Aczél, J., & Saaty, T. L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of mathematical Psychology*, 27(1), 93-102.
- [4] Agarwal, P. K., Patil, P. K., & Mehar, R. (2013). A methodology for ranking road safety hazardous locations using analytical hierarchy process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 1030-1037.
- [5] Agbenorku, P., Agbenorku, M., & Fiifi-Yankson, P. K. (2013). Pediatric burns mortality risk factors in a developing country's tertiary burns intensive care unit. *International journal of burns and trauma*, 3(3), 151.
- [6] Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије. (2015). Пројекат: Анализа образовне потребе деце предшколског и деце млађег школског узраста са изразом едукативног материјала.
- [7] Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије. (2018). Статистички извештај о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији у 2017. години.
- [8] Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије. (2017). Мобилна апликација „Пажљивко“.
- [9] Albert, G., Musicant, O., Oppenheim, I., & Lotan, T. (2016). Which smartphone's apps may contribute to road safety? An AHP model to evaluate experts' opinions. *Transport Policy*, 50, 54-62.
- [10] Allen, M.J. and Clark, J.R. (1964). Automobile running lights - a research report. In: *Am. J. of Opt.* 331, 1-23.
- [11] Ampofo-Boateng, K., Thomson, J. A., Grieve, R., Pitcainr, T., Lee, D. N., & Demetre, J. D. (1993). A developmental and training study of children's ability to find safe routes to cross the road. *British journal of developmental psychology*, 11(1), 31-45.
- [12] Appleyard, B. (2017). The meaning of livable streets to schoolchildren: An image mapping study of the effects of traffic on children's cognitive development of spatial knowledge. *Journal of Transport & Health*, 5, 27-41.
- [13] Astarita, V., Festa, D. C., Giofrè, V. P., & Guido, G. (2019). Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models a Comparison of different Models for Intersection Safety Evaluation. *Transportation Research Procedia*, 37, 219-226.
- [14] Attewell, R. G., Glase, K., & McFadden, M. (2001). Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 345-352.
- [15] Balali, V., Jahangiri, A., & Machiani, S. G. (2017). Multi-class US traffic signs 3D recognition and localization via image-based point cloud model using color candidate extraction and texture-based recognition. *Advanced Engineering Informatics*, 32, 263-274.
- [16] Battiato, S., Farinella, G. M., Gallo, G., & Giudice, O. (2018). On-board monitoring system for road traffic safety analysis. *Computers in Industry*, 98, 208-217.
- [17] Berry, D. S., & Romo, C. V. (2006). Should 'Cyrus the Centipede' take a hike? Effects of exposure to a pedestrian safety program on children's safety knowledge and self-reported behaviors.

Journal of safety research, 37(4), 333-341.

[18] Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports*. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183.

[19] Branche, C., Hyder, A. A., Ozanne-Smith, J., Oyebite, K., Bartolomeos, K., & Rivara, F. (2008). *World report on child injury prevention*. World Health Organization.

[20] Brannstrom, C., Brown, H. L., Houser, C., Trimble, S., & Santos, A. (2015). "You can't see them from sitting here": Evaluating beach user understanding of a rip current warning sign. *Applied Geography*, 56, 61-70.

[21] Braun, C. C., & Silver, N. C. (1995). Interaction of signal word and colour on warning labels: differences in perceived hazard and behavioural compliance. *Ergonomics*, 38(11), 2207-2220.

[22] Bromell, R. J., & Geddis, D. C. (2017). Child cyclists: a study of factors affecting their safety. *Journal of paediatrics and child health*, 53(2), 145-148.

[23] Burlov, V., & Gomazov, F. (2018). Method of mathematical justification for using 3D zebra crossing. *Transportation research procedia*, 36, 95-102.

[24] California Preschool Curriculum Framework, Volume 2, (2011). California Department Of Education. Sacramento.

[25] Cascetta, E., Punzo, V. (2011). Impact on vehicle speeds and pollutant emissions of an automated section speed enforcement system on the Naples urban motorway. Presented at the TRB 2011 Annual Meeting.

[26] Cavallo, V. and Pinto, M. (2012). Are car daytime running lights detrimental to motorcycle conspicuity?. *Accident Analysis and Prevention*, 49:78–85.

[27] Cavallo, V., Dommès, A., Dang, N. T., & Vienne, F. (2017). A street-crossing simulator for studying and training pedestrians. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*.

[28] Centers for Disease Control and Prevention. (2010). Injury prevention & control: data & statistics (WISQARS). *Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention*.

[29] Chang, S. S. M., Symons, R. C. A., & Ozanne-Smith, J. (2018). Child road traffic injury mortality in Victoria, Australia (0–14 years), the need for targeted action. *Injury*, 49(3), 604-612.

[30] Chellappa, S. L., Steiner, R., Blattner, P., Oelhafen, P., Götz, T., & Cajochen, C. (2011). Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert?. *PloS one*, 6(1), e16429.

[31] Chung, Y. H., & Walsh, D. J. (2006). Constructing a joint story-writing space: The dynamics of young children's collaboration at computers. *Early Education and Development*, 17(3), 373-420.

[32] Cleaver, M. A., Hislop, J., de Roos, M. P., Fernandes, R., Prendergast, M., Brisbane, G., ... & McTiernan, D. (2011). An evaluation of pedestrian countdown timers in the Sydney CBD. In *Proceedings of the Australasian road safety research, policing and education conference* (Vol. 15). Monash University.

[33] Clements, D. H., & Nastasi, B. K. (1992). Computers and early childhood education. *Preschool and early childhood treatment directions*, 187-246.

[34] Clements, D. H., & Sarama, J. (2005). Young children and technology: What's appropriate. *Technology-supported mathematics learning environments*, 1, 51.

[35] Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood teacher education: The case of geometry.

Journal of mathematics teacher education, 14(2), 133-148.

- [36] Clements, D. H., Sarama, J., & DiBiase, A. M. (2003). *Engaging young children in mathematics: Standards for early childhood mathematics education*. Routledge.
- [37] Cohen, E., Lyche, T., & Riesenfeld, R. (1980). Discrete B-splines and subdivision techniques in computer-aided geometric design and computer graphics. *Computer graphics and image processing*, 14(2), 87-111.
- [38] Consult, H. *Mobilitätserhebung Salzburg*, Wien, 2004.
- [39] Crescenzi, L., Jewitt, C., & Price, S. (2014). The role of touch in preschool children's learning using iPad versus paper interaction. *Australian Journal of Language & Literacy*, 37(2), 86-95.
- [40] Čičević, S., Dobrodolac, M., Trifunović, A., Lazarević, D. (2017b). Difference in Psychomotor Skills while Working on Tablets PC and Smartphones. IETI Transactions on Ergonomics and Safety, International Engineering and Technology Institute, Volume 1, Issue 2, pp. 29-37, Hong Kong, China.
- [41] Čičević S., Dragović M., Trifunović A., Lazarević D., Dobrodolac D. (2017a) The use of new technological devices in testing and education of young children. *In Collection of selected papers and abstracts of 1st nat. sci. and prof. conf. "Multidisciplinary approach to cultural heritage, material and technology"*, Central Institute for Conservation, Belgrade, Serbia, pp. 98-101.
- [42] Čičević, S., Trifunović, A. (2014). Poznavanje osnovnih elemenata puta i ponašanje u saobraćaju dece iz urbane i ruralne sredine. *Put i saobraćaj*, 60(2), pp. 53-57.
- [43] Čičević, S., Trifunović, A., Mitrović, S., Nešić, M. (2017c). The usability Analysis of Different Presentation Media Design for Vehicle Speed Assessment (Chapter 9). *Ergonomic Design and Assessment of Products and System* (editor Aleksandar Žunjić), NOVA Science publishers. pp. 195-220, New York, USA.
- [44] Čičević, S., Trifunović, A., Lazarević, D., Dragović, M., Vidović, N., Mošić, M. (2018a). Perception of three-dimensional geometric shapes as virtual 3D road markings. *In Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Serbian Society for Geometry and Graphics (SUGIG)*, June 6th - 9th 2018, Serbia, Novi Sad, pp. 190-202.
- [45] Čičević, S., Trifunović, A., Vidović, N., Mošić, M. (2018b). The Perception of 3D Visual Markings in School Zone. *In Proceedings of the Third Serbian Road Congress*, Serbia, Belgrade, 14 - 15. june 2018, pp. 574-581.
- [46] Čičević, S., Trifunović, A., Živanović, M. (2014). Primena interneta za testiranje prepoznavanja geometrijskih oblika predškolske dece. *Proceedings of International Conference Sinteza 2014 - The Impact of the Internet on Business Activities in Serbia and Worldwide*, University International Scientific Conference, pp. 407-411. 4. 2014., Beograd, Srbija.
- [47] Чолић, З. (2011). *Мултимедијална продукција*. Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд.
- [48] Daggett, N. L., & Rich, E. S. (1953). *Diagnostic programs and marginal checking in the Whirlwind I computer* (No. EN-E-536). Massachusetts Inst of Tech Cambridge digital computer lab.
- [49] Dahlstedt, S. and Rumar, K. (1976). Vehicle colour and front conspicuity in some simulated rural traffic situations. University of Uppsala, Uppsala.
- [50] DeKlerk, H. M., Dada, S., & Alant, E. (2014). Children's identification of graphic symbols representing four basic emotions: Comparison of Afrikaans-speaking and Sepedi-speaking children. *Journal of Communication Disorders*, 52, 1-15.
- [51] De Pauw, E., Daniels, S., Thierie, M., Brijs, T. (2013). Safety effects of reducing the speed limit from 90 km/h to 70 km/h. *Accident Anal. Prev.* 54

- [52] Deb, S., Carruth, D. W., Sween, R., Strawderman, L., & Garrison, T. M. (2017). Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research. *Applied ergonomics*, 65, 449-460.
- [53] Department for Transport. (2017). THINK! Education road safety professional's toolkits.
- [54] D'Haese, S., De Meester, F., De Bourdeaudhuij, I., Deforche, B., & Cardon, G. (2011). Criterion distances and environmental correlates of active commuting to school in children. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 88.
- [55] Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- [56] Dimitrijević, B. (2016). Multi-Criteria Decision Making - Višekriterijumsko donošenje odluka. Predavanja Sistemi za podršku odlučivanju u saobraćaju i transportu, Saobraćajni fakultet – Univerzitet u Beogradu.
- [57] Doi, H., & Shinohara, K. (2018). 2nd to 4th digit ratio (2D: 4D) but not salivary testosterone concentration is associated with the overall pattern of color preference in females. *Personality and Individual Differences*, 135, 45-50.
- [58] Dragutinovic, N., & Twisk, D. (2006). The effectiveness of road safety education: A literature review. *SWOV Institute for Road Safety Research*.
- [59] Drott, P., Johansson, B. S., & Åström, B. (2008). Informal parental traffic training and children's traffic accidents. *Uppsala journal of medical sciences*, 113(2), 143-160.
- [60] Eisenbach, N. A., Snir, S., & Regev, D. (2015). Identification and characterization of symbols emanating from the spontaneous artwork of survivors of childhood trauma. *The Arts in Psychotherapy*, 44, 45-56.
- [61] Ellis, L., & Ficek, C. (2001). Color preferences according to gender and sexual orientation. *Personality and Individual Differences*, 31(8), 1375-1379.
- [62] Elvik, R. (2013). A before–after study of the effects on safety of environmental speed limits in the city of Oslo, Norway. *Safety Sci.* 55, 10–16.
- [63] Epstein, J. N., Langberg, J. M., Rosen, P. J., Graham, A., Narad, M. E., Antonini, T. N., ... & Altaye, M. (2011). Evidence for higher reaction time variability for children with ADHD on a range of cognitive tasks including reward and event rate manipulations. *Neuropsychology*, 25(4), 427.
- [64] Fahrerlaubnisverordnung. (2017). Driving License Regulation in Germany.
- [65] Farin, G. (2014). *Curves and surfaces for computer-aided geometric design: a practical guide*. Elsevier.
- [66] Fisher, R. (2005). *Teaching children to think*. Nelson Thornes.
- [67] Flewitt, R., Messer, D., & Kucirkova, N. (2015). New directions for early literacy in a digital age: The iPad. *Journal of Early Childhood Literacy*, 15(3), 289-310.
- [68] Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165-169.
- [69] Fransman, A., Richter, B., & Raath, S. (2018). An interactive computer program for South African urban primary school children to learn about traffic signs and rules. *African Safety Promotion: A Journal of Injury and Violence Prevention*, 16(1), 57-67.
- [70] Fu, L., & Zou, N. (2016). The influence of pedestrian countdown signals on children's crossing behavior at school intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 94, 73-79.
- [71] Fyhri, A., Bjørnskau, T., & Ulleberg, P. (2004). Traffic education for children with a tabletop model. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7(4-5), 197-207.

- [72] Galloway, J. (2008). *Harnessing technology for every child matters and personalised learning*. Routledge.
- [73] Gardner, H., Winner, E., & Kircher, M. (1975). Children's conceptions of the arts. *Journal of Aesthetic Education*, 9(3), 60-77.
- [74] Gärling, T., Svensson-Gärling, A., Valsiner, J. (1984). Parental concern about children's traffic safety in residential neighborhoods. *Journal of Environmental Psychology* 4(3), pp. 235-252.
- [75] Gibson, J. J. (2002). A theory of direct visual perception. *Vision and Mind: selected readings in the philosophy of perception*, 77-90.
- [76] Gitelman, V., Levi, S., Carmel, R., Korchatov, A., & Hakkert, S. (2015). Exploring patterns and risk factors in child pedestrian behaviors at urban intersections.
- [77] Gitelman, V., Levi, S., Carmel, R., Korchatov, A., & Hakkert, S. (2019). Exploring patterns of child pedestrian behaviors at urban intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 122, 36-47.
- [78] Glad, A., & Midland, K. (2000). *Six year old children and crossing of roads. results of a training experiment* (No. TOI-473/2000).
- [79] Goma, H., Kotani, H., Ushio, R., Ikeda, T., & Sato, N. (2011). A Study on Drawing Development of Children with and without Disabilities Using Goodenough-Drawing-Test. In *9th EPNS Congress*.
- [80] Gonzalez, D. O., Martin-Gorritz, B., Berrocal, I. I., Morales, A. M., Salcedo, G. A., & Hernandez, B. M. (2017). Development and assessment of a tractor driving simulator with immersive virtual reality for training to avoid occupational hazards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 111-118.
- [81] Granié, M. A. (2009). Effects of gender, sex-stereotype conformity, age and internalization on risk-taking among adolescent pedestrians. *Safety science*, 47(9), 1277-1283.
- [82] Guthrie, L. F., & Richardson, S. (1995). Turned on to language arts: Computer literacy in the primary grades. *Educational Leadership*, 53(2), 14-18.
- [83] Hadlington, L., White, H., & Curtis, S. (2019). "I cannot live without my [tablet]": Children's experiences of using tablet technology within the home. *Computers in Human Behavior*, 94, 19-24.
- [84] Haugland, S. W. (1992). The effect of computer software on preschool children's developmental gains. *Journal of computing in childhood education*, 3(1), 15-30.
- [85] Haugland, S. W. (1999). What role should technology play in young children's learning? Part 1. *Young children*, 54(6), 26-31.
- [86] Hermans, E., Van den Bossche, F., & Wets, G. (2008). Combining road safety information in a performance index. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1337-1344.
- [87] Hiniker, A., Sobel, K., Suh, H., & Kientz, J. A. (2016). Hidden symbols: how informal symbolism in digital interfaces disrupts usability for preschoolers. *International Journal of Human-Computer Studies*, 90, 53-67.
- [88] Hoffrage, U., Weber, A., Hertwig, R., & Chase, V. M. (2003). How to keep children safe in traffic: find the daredevils early. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(4), 249.
- [89] Holte, H. (2010). Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher.
- [90] Horberry, T., Anderson, J., & Regan, M. A. (2006). The possible safety benefits of enhanced road markings: a driving simulator evaluation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(1), 77-87.
- [91] House, R. (2012). The inappropriateness of ICT in early childhood education: Arguments from philosophy, pedagogy and developmental psychology. *Contemporary Debates in Childhood*

Education and Development. Routledge: New York, 105-121.

[92] Huseth-Zosel, A. L., & Orr, M. (2015). Rural–urban differences in health care provider child passenger safety anticipatory guidance provision. *Journal of Transport & Health*, 2(2), 166-172.

[93] Ichikawa, M., & Nakahara, S. (2007). School regulations governing bicycle helmet use and head injuries among Japanese junior high school students. *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 469-474.

[94] Idkaidek, A., & Jasiuk, I. (2019). Modeling of Osteoprobe indentation on bone. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 90, 365-373.

[95] Inada, H., Tomio, J., Ichikawa, M., & Nakahara, S. (2019). Regional disparities in road traffic injury rates involving elementary and junior high school children while commuting among Japan's 47 prefectures between 2004 and 2013. *Accident Analysis & Prevention*, 125, 79-84.

[96] Inada, H., Tomio, J., Nakahara, S., Xu, X., Taniguchi, A., & Ichikawa, M. (2017). National 10-year trend in road injuries involving school children on the way to and from school in Japan, 2003–2012. *Injury prevention*, 23(5), 297-302.

[97] Institute for road safety research – Netherlands. (2009). SWOV Fact sheet: road safety of children in the Netherlands.

[98] Iryo-Asano, M., Hasegawa, Y., & Dias, C. (2018). Applicability of Virtual Reality Systems for Evaluating Pedestrians' Perception and Behavior. *Transportation research procedia*, 34, 67-74.

[99] Islam, S., & Jones, S. L. (2014). Pedestrian at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 267-276.

[100] Jackson, R. H. (1983). Play it Safe: a Campaign for the Prevention of Children's Accidents. *Community Development Journal*, 18(2), 172-176.

[101] Jiang, L., Masullo, M., Maffei, L., Meng, F., & Vorländer, M. (2018). How do shared-street design and traffic restriction improve urban soundscape and human experience?—An online survey with virtual reality. *Building and Environment*, 143, 318-328.

[102] Johansson, C., & Leden, L. (2007). Short-term effects of countermeasures for improved safety and mobility at marked pedestrian crosswalks in Borås, Sweden. *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 500-509.

[103] Johansson, C., Rosander, P., & Leden, L. (2011). Distance between speed humps and pedestrian crossings: Does it matter?. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1846-1851.

[104] Josić, A., Stokić, I., Svetlana, Č., Trifunović, A. (2017). Modern approach to testing and education of children. Int. Students Sci. Conf. Multidisciplinary Approach to Contemporary Research, Central Institute for Conservation, Belgrade, Serbia, pp. 109-115.

[105] Jürgen, M. (2010). Förderung der Verkehrssicherheit für Verkehrsteilnehmer mit Migrationshintergrund.

[106] Kanuganti, S., Agarwala, R., Dutta, B., Bhanegaonkar, P. N., Singh, A. P., & Sarkar, A. K. (2017). Road safety analysis using multi criteria approach: A case study in India. *Transportation research procedia*, 25, 4649-4661.

[107] Karaaslan, E., Noori, M., Lee, J., Wang, L., Tatari, O., & Abdel-Aty, M. (2018). Modeling the effect of electric vehicle adoption on pedestrian traffic safety: An agent-based approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 93, 198-210.

[108] Katz, C., Klages, A. L., & Hamama, L. (2018). Forensic interviews with children: Exploring the richness of children's drawing and the richness of their testimony. *Children and Youth Services Review*, 94, 557-562.

- [109] Kim, C. I., Han, D. W., & Park, I. H. (2014). Reliability and validity of the Test of Gross Motor Development-II in Korean preschool children: applying AHP. *Research in developmental disabilities*, 35(4), 800-807.
- [110] Kiselev, S., Espy, K. A., & Sheffield, T. (2009). Age-related differences in reaction time task performance in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102(2), 150-166.
- [111] Kita, Y., Ashizawa, F., & Inagaki, M. (2019). Is the motor skills checklist appropriate for assessing children in Japan?. *Brain and Development*.
- [112] Kocić, L. (2007). *Geometrijsko modeliranje*. Retrieved from the Portal Web site: <https://legacy-devb.cnx.org/content/col110478/1.1/>
- [113] Koekemoer, K., Van Gesselien, M., Van Niekerk, A., Govender, R., & Van As, A. B. (2017). Child pedestrian safety knowledge, behaviour and road injury in Cape Town, South Africa. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 202-209.
- [114] Kuiper, C., Willumsen, L., Gleave, S. D., & AA Foundation for Road Safety Research, Basingstoke (United Kingdom). (1994). *Pedestrian activity and accident risk*. AA Foundation for Road Safety Research.
- [115] Kukić, D. i Petrović D. (2010). Koncept unapređenja saobraćajnog obrazovanja dece uzrasta od 10 do 14 godina, Zbornik radova, Seminar „Uloga lokalne zajednice u bezbednosti saobraćaja“. Kovačica, 161-169.
- [116] Lambrianidou, P., Basbas, S., & Politis, I. (2013). Can pedestrians' crossing countdown signal timers promote green and safe mobility?. *Sustainable Cities and Society*, 6, 33-39.
- [117] Lanna, L. C., & Oro, M. G. (2019). Touch gesture performed by children under 3 years old when drawing and coloring on a tablet. *International Journal of Human-Computer Studies*, 124, 1-12.
- [118] Larouche, R., Mammen, G., Rowe, D. A., & Faulkner, G. (2018). Effectiveness of active school transport interventions: a systematic review and update. *BMC public health*, 18(1), 206.
- [119] Lavoie, M., Burigusa, G., Maurice, P., Hamel, D., & Turmel, É. (2014). Active and safe transportation of elementary-school students: comparative analysis of the risks of injury associated with children travelling by car, walking and cycling between home and school. *Chronic diseases and injuries in Canada*, 34(4).
- [120] Leden, L., Gårder, P., & Johansson, C. (2006). Safe pedestrian crossings for children and elderly. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 289-294.
- [121] Leden, L., Gårder, P., Schirokoff, A., Monderde-i-Bort, H., Johansson, C., & Basbas, S. (2014). A sustainable city environment through child safety and mobility—a challenge based on ITS?. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 406-414.
- [122] Lee, S. M., & Al-Mansour, A. I. (2018). Development of a new traffic safety education material for the future drivers in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*.
- [123] Lee, S., Lee, S., & Chan-Olmsted, S. (2017a). An empirical analysis of tablet PC diffusion. *Telematics and Informatics*, 34(2), 518-527.
- [124] Lee, T. H., Wu, F. G., & Chen, H. T. (2017b). Innovation & evaluation of tangible direct manipulation digital drawing pens for children. *Applied ergonomics*, 60, 207-219.
- [125] Lee, Y. C., & Mirman, J. H. (2018). Parents' perspectives on using autonomous vehicles to enhance children's mobility. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 96, 415-431.
- [126] Lemeš, S. (2017). *Računarska grafika i geometrijsko modeliranje*. Univerzitet u Zenici.

- [127] Li, Z., Chen, C., Yu, S., Wu, B., Hao, L., Wang, J., & Wu, Y. (2019). Safety evaluation of spent fuel road transportation based on weighted nearest neighbor method. *Annals of Nuclear Energy*, 127, 412-418.
- [128] Lieu, D. K., & Sorby, S. A. (2015). *Visualization, modeling, and graphics for engineering design*. Nelson Education.
- [129] Ligorio, M. B., Schwartz, N. H., D'Aprile, G., & Philhour, D. (2017). Children's representations of learning through drawings. *Learning, Culture and Social Interaction*, 12, 133-148.
- [130] Limbourg, M., & Reiter, K. (2010). Verkehrspsychologie. In *Handbuch Psychologie und Geschlechterforschung* (pp. 203-227). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- [131] Lipovac, K., Vasiljević, J., Vukašinović, M., Vranješ, Đ. (2007). Školske saobraćajne patrole i patrole građana, Seminar "Uloga lokalne zajednice u bezbednosti saobraćaja", Saobraćajni fakultet, Beograd, 103-114.
- [132] Lipovac, K., Vujanic, M., Maric, B., & Nesic, M. (2013). The influence of a pedestrian countdown display on pedestrian behavior at signalized pedestrian crossings. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 20, 121-134.
- [133] Liu, H. F., Lin, F. S., & Chang, C. J. (2015). The effectiveness of using pictures in teaching young children about burn injury accidents. *Applied ergonomics*, 51, 60-68.
- [134] Liumin, Z., & Wenwei, L. (2012). The Educational Research of the Elevator Safety Warning Pictures for the Young Children. *Procedia Engineering*, 43, 28-33.
- [135] Livingstone, M. (2002). *Vision and Art: The Biology of Seeing*. New York, US: Inc. Publishers.
- [136] Lobjois, R., Benguigui, N., & Cavallo, V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 166-175.
- [137] MacGregor, C., Smiley, A., & Dunk, W. (1999). Identifying gaps in child pedestrian safety: Comparing what children do with what parents teach. *Transportation research record*, 1674(1), 32-40.
- [138] Mackey, P. (2015). The irreplaceable role of parents in teaching children to walk safely to school. In TAC 2015: *Getting You There Safely-2015 Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada//ATC: Destination sÃ©curitÃ© routiÃ¨re-2015 CongrÃ¨s et Exposition de l'Association des transports du Canada*.
- [139] Maillot, P., Dommès, A., Dang, N. T., & Vienne, F. (2017). Training the elderly in pedestrian safety: transfer effect between two virtual reality simulation devices. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 161-170.
- [140] Malhotra, A., Thomas, J. C., Carroll, J. M., & Miller, L. A. (1980). Cognitive processes in design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 12(2), 119-140.
- [141] Mamat, A. R., Rasid, N. H. A., Ahmad, F., Rawi, N. A., Mohamed, M. A., Awang, W. S. W., & Ghazali, F. (2017). Pre school selection system using Analytic Hierarchy Process (AHP): Implementation and usability study. In *Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), 2017 IEEE 2nd International Conference on* (pp. 7-12). IEEE.
- [142] Mann, A. M., Hinrichs, U., & Quigley, A. (2015). Digital pen technology's suitability to support handwriting learning. In *the Impact of Pen and Touch Technology on Education* (pp. 7-22). Springer, Cham.
- [143] McAdams, R. J., Swidarski, K., Clark, R. M., Roberts, K. J., Yang, J., & McKenzie, L. B. (2018). Bicycle-related injuries among children treated in US emergency departments, 2006-2015. *Accident Analysis & Prevention*, 118, 11-17.

- [144] Meir, A., Oron-Gilad, T., & Parmet, Y. (2015). Are child-pedestrians able to identify hazardous traffic situations? Measuring their abilities in a virtual reality environment. *Safety science*, 80, 33-40.
- [145] Mendoza, J. A., Watson, K., Baranowski, T., Nicklas, T. A., Uscanga, D. K., & Hanfling, M. J. (2010). Validity of instruments to assess students' travel and pedestrian safety. *BMC Public Health*, 10(1), 257.
- [146] Meyer, S., Sagberg, F., & Torquato, R. (2014). Traffic hazard perception among children. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 26, 190-198.
- [147] Miranda, S., Marzano, A., & Lytras, M. D. (2017). A research initiative on the construction of innovative environments for teaching and learning. Montessori and Munari based psycho-pedagogical insights in computers and human behavior for the "new school". *Computers in Human Behavior*, 66, 282-290.
- [148] Mitchelmore, M. C. (1978). Developmental stages in children's representation of regular solid figures. *The Journal of genetic psychology*, 133(2), 229-239.
- [149] Mohebbi, M. (2014). Investigating the gender-based colour preference in children. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 112, 827-831.
- [150] Morrongiello, B. A., & Barton, B. K. (2009). Child pedestrian safety: Parental supervision, modeling behaviors, and beliefs about child pedestrian competence. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 1040-1046.
- [151] Morrongiello, B. A., & Corbett, M. (2015). Using a virtual environment to study child pedestrian behaviours: a comparison of parents' expectations and children's street crossing behaviour. *Injury prevention*, 21(5), 291-295.
- [152] Morrongiello, B. A., Corbett, M., Milanovic, M., & Beer, J. (2015). Using a virtual environment to examine how children cross streets: Advancing our understanding of how injury risk arises. *Journal of pediatric psychology*, 41(2), 265-275.
- [153] Morrongiello, B. A., Seasons, M., McAuley, K., & Koutsoulianos, S. (2019). Child pedestrian behaviors: Influence of peer social norms and correspondence between self-reports and crossing behaviors. *Journal of Safety Research*, 68, 197-201.
- [154] Mujezinović, A., Selimović, S. (2012). *Razvoj pojedinih saznavnih funkcija : opažanje*, Tuzla.
- [155] Nasar, J. L., & Troyer, D. (2013). Pedestrian injuries due to mobile phone use in public places. *Accident Analysis & Prevention*, 57, 91-95.
- [156] Nastasi, B. K., & Clements, D. H. (1994). Effectance motivation, perceived scholastic competence, and higher-order thinking in two cooperative computer environments. *Journal of Educational Computing Research*, 10(3), 249-275.
- [157] National Highway Traffic Safety Administration. (2016). *Driving Safety*.
- [158] National Police Agency. (2018). *Road Traffic Crashes Among School Children*. Japan.
- [159] National Police Agency. (2017). *Statistics of Road Traffic Crashes in 2016*.
- [160] Nationalföreningen för Trafiksäkerhetens Främjande. (2019). Dostupno na dan 18.03.2019. - <http://trafikeniskolan.ntf.se/>
- [161] Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2014). Touch screen tablets and emergent literacy. *Early Childhood Education Journal*, 42(4), 231-239.
- [162] Nevelsteen, K., Steenberghen, T., Van Rompaey, A., & Uyttersprot, L. (2012). Controlling factors of the parental safety perception on children's travel mode choice. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 39-49.

- [163] Ng, L. W., Hu, G., Howe, R. C., Zhu, X., Yang, Z., Jones, C. G., & Hasan, T. (2019). Printing Technologies. In *Printing of Graphene and Related 2D Materials* (pp. 135-178). Springer, Cham.
- [164] O'Toole, S. E., & Christie, N. (2018). Deprivation and road traffic injury comparisons for 4–10 and 11–15 year-olds. *Journal of Transport & Health, 11*, 221-229.
- [165] Obregón-Biosca, S. A., Betanzo-Quezada, E., Romero-Navarrete, J. A., & Ríos-Nuñez, M. (2018). Rating road traffic education. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 56*, 33-45.
- [166] Oddershede, A., Donoso, J., Farias, F., & Jarufe, P. (2015). ICT Support assessment in primary school teaching and learning through AHP. *Procedia Computer Science, 55*, 149-158.
- [167] Olsen, J. R., Mitchell, R., McCrorie, P., & Ellaway, A. (2019). Children's mobility and environmental exposures in urban landscapes: A cross-sectional study of 10–11 year old Scottish children. *Social Science & Medicine*.
- [168] O'Neal, E. E., Jiang, Y., Franzen, L. J., Rahimian, P., Yon, J. P., Kearney, J. K., & Plumert, J. M. (2018). Changes in perception–action tuning over long time scales: How children and adults perceive and act on dynamic affordances when crossing roads. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 44*(1), 18.
- [169] Ossadnik, W., Schinke, S., & Kaspar, R. H. (2016). Group aggregation techniques for analytic hierarchy process and analytic network process: a comparative analysis. *Group Decision and Negotiation, 25*(2), 421-457.
- [170] Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Comparing tablets and PCs in teaching mathematics: an attempt to improve mathematics competence in early childhood education. *Preschool and Primary Education, 4*(2), 241-253.
- [171] Пешић, Д. (2012). *Развој и унапређење метода за мерење нивоа безбедности саобраћаја на подручју*. Докторска дисертација, Саобраћајни факултет – Универзитет у Београду.
- [172] Pešić, D., Trifunović, A., Ivković, I., Čičević, S., & Žunjić, A. (2019). Evaluation of the effects of daytime running lights for passenger cars. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 66*, 252-261.
- [173] Pešić, D., Trifunović, A., & Petrović, M. (2019a). Road safety education for children: results of children's behavior on traffic playground and simulated traffic situations. *Facta Universitatis, Series: Teaching, Learning and Teacher Education*, 001-010.
- [174] Pellizzer, G., & Hauert, C. A. (1996). Visuo-manual aiming movements in 6-to 10-year-old children: Evidence for an asymmetric and asynchronous development of information processes. *Brain and cognition, 30*(2), 175-193.
- [175] Peña-García, A., de Oña, R., García, P. and Peña-García, P. (2014). Effects of Daytime Running Lamps on pedestrians visual reaction time: implications on vehicles and human factors. *Procedia Engineering, 84*: 603 – 607.
- [176] Plumert, J. M., & Kearney, J. K. (2014). How do children perceive and act on dynamic affordances in crossing traffic-filled roads?. *Child development perspectives, 8*(4), 207-212.
- [177] Polinder, S., Haagsma, J., Panneman, M., Scholten, A., Brugmans, M., & Van Beeck, E. (2016). The economic burden of injury: Health care and productivity costs of injuries in the Netherlands. *Accident Analysis & Prevention, 93*, 92-100.
- [178] Правилник о саобраћајној сигнализацији. (2017). *Службени гласник Републике Србије*, бр. 85/17.
- [179] Reffat, R. M. (2014). A Virtual Platform for Improving Coordination and Promoting

Cooperation on Traffic Safety. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 3(1), 43-62.

[180] Републички завод за статистику. (2019), Процењен број становника, 2017.

[181] Resnick, I., Verdine, B. N., Golinkoff, R., & Hirsh-Pasek, K. (2016). Geometric toys in the attic? A corpus analysis of early exposure to geometric shapes. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 358-365.

[182] Reynolds, D. R., & Riley, J. R. (2002). Remote-sensing, telemetric and computer-based technologies for investigating insect movement: a survey of existing and potential techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 35(2-3), 271-307.

[183] Rose, S. E., & Jolley, R. P. (2019). Children's Creative Intentions: Where do the Ideas for their Drawings Come from?. *The Journal of Creative Behavior*, 1-13.

[184] Rosenbloom, T., Ben-Eliyahu, A., & Nemrodov, D. (2008). Children's crossing behavior with an accompanying adult. *Safety Science*, 46(8), 1248-1254.

[185] Rothengatter, T. (1984). A behavioural approach to improving traffic behaviour of young children. *Ergonomics*, 27(2), 147-160.

[186] Saaty, T. L. (1989). Group decision making and the AHP. In: Golden BL, Wasil EA, Harker PT (eds) *The analytic hierarchy process—applications and studies*. Springer, Berlin, pp 59–67.

[187] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.

[188] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

[189] Sadahiro, S. (2007). A study of public elementary and secondary school distribution in Japan from the view of commuting distance and number of schools. *Bull. Fac. Educ. Chiba Univ.* 55, 37–42 [in Japanese].

[190] Sakr, M. (2018). Multimodal participation frameworks during young children's collaborative drawing on paper and on the iPad. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 1-11.

[191] Salome, R. A., & Reeves, D. (1972). Two pilot investigations of perceptual training of four- and five-year-old kindergarten children. *Studies in Art Education*, 13(2), 3-10.

[192] Савет за координацију послова безбедности саобраћаја на путевима – Нови Сад, 2017

[193] Schacter, J., & Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Computers in Human Behavior*, 55, 223-229.

[194] Schmid, R. F., Miodrag, N., & Francesco, N. D. (2008). A human-computer partnership: The tutor/child/computer triangle promoting the acquisition of early literacy skills. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(1), 63-84.

[195] Schofield, G. M., Gianotti, S., Badland, H. M., & Hinckson, E. A. (2008). The incidence of injuries traveling to and from school by travel mode. *Preventive medicine*, 46(1), 74-76.

[196] Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective sixth edition*. Pearson.

[197] Schwebel, D. C., & McClure, L. A. (2010). Using virtual reality to train children in safe street-crossing skills. *Injury prevention*, 16(1), e1-e1.

[198] Schwebel, D. C., Combs, T., Rodriguez, D., Severson, J., & Sisiopiku, V. (2016). Community-based pedestrian safety training in virtual reality: A pragmatic trial. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 9-15.

- [199] Schwebel, D. C., Davis, A. L., & O'Neal, E. E. (2012). Child pedestrian injury: a review of behavioral risks and preventive strategies. *American journal of lifestyle medicine*, 6(4), 292-302.
- [200] Schwebel, D. C., Wu, Y., Swanson, M., Cheng, P., Ning, P., Cheng, X., ... & Hu, G. (2018). Child pedestrian street-crossing behaviors outside a primary school: developing observational methodologies and data from a case study in Changsha, China. *Journal of transport & health*, 8, 283-288.
- [201] Shonkoff, J. P., Boyce, W. T., & McEwen, B. S. (2009). Neuroscience, molecular biology, and the childhood roots of health disparities: building a new framework for health promotion and disease prevention. *Jama*, 301(21), 2252-2259.
- [202] Siu, K. W. M., Lam, M. S., & Wong, Y. L. (2015). Gender Differences in Children's Use of Colors in Designing Safety Signs. *Procedia Manufacturing*, 3, 4650-4657.
- [203] Siu, K. W. M., Lam, M. S., & Wong, Y. L. (2017). Children's choice: Color associations in children's safety sign design. *Applied ergonomics*, 59, 56-64.
- [204] Siu, K. W. M., Wong, Y. L., Lam, M. S., & Ng, A. W. (2014). Children's misinterpretation of today's designs: a case study of how children interpret registered safety signs. *The International Journal of Creativity and Problem Solving*, 24(2), 61-74.
- [205] Sobhani, A., & Farooq, B. (2018). Impact of Smartphone Distraction on Pedestrians' Crossing Behaviour: An Application of Head-Mounted Immersive Virtual Reality. *arXiv preprint arXiv:1806.06454*.
- [206] Soheilian, B., Paparoditis, N., & Boldo, D. (2010). 3D road marking reconstruction from street-level calibrated stereo pairs. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(4), 347-359.
- [207] Soole, D.W., Watson, B.C., Fleiter, J.J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: a review of the literature. *Accident Anal. Prev.* 54, 46–56.
- [208] Sordyl, J. (2015). Application of the AHP method to analyze the significance of the factors affecting road traffic safety. *Transport problems*, 10.
- [209] Sportillo, D., Paljic, A., & Ojeda, L. (2018). Get ready for automated driving using virtual reality. *Accident Analysis & Prevention*, 118, 102-113.
- [210] Stanković, N., Jovanović, M., & Spasić, M. (2014). Značaj edukacije dece i mladih o bezbednom učešću u saobraćaju – primeri dobre prakse u Novom Sadu. *III Međunarodna Konferencija „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“*, 137-142.
- [211] Stavrinou, D., Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2009). Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics*, 123(2), e179-e185.
- [212] Su, R., Park, S. H., Li, Z., & McAlpine, M. C. (2019). 3D printed electronic materials and devices. In *Robotic Systems and Autonomous Platforms* (pp. 309-334). Woodhead Publishing.
- [213] Sundet, J. (1978). Effects of colour on perceived depth: review of experiments and evaluation of theories. *Scandinavian Journal of Psychology*, 19(1), 133-143.
- [214] Sutherland, I. E. (1964). Sketch pad a man-machine graphical communication system. In *Proceedings of the SHARE design automation workshop* (pp. 6-329). ACM.
- [215] Sutherland, I. E. (1998). Sketchpad—a man-machine graphical communication system. In *Seminal graphics* (pp. 391-408). ACM.
- [216] Swaminathan, S., & Wright, J. L. (2003). Education technology in the early and primary years. *Major trends and issues in early childhood education: Challenges, controversies, and insights*, 2, 136-149.

- [217] Tabibi, Z. (2010). Factors associated with Iranian children's perception of danger on the road. *International Journal of Psychology*, 3.
- [218] Talley, S., Lancy, D. F., & Lee, T. R. (1997). Children, storybooks and computers. *Reading horizons*, 38(2), 4.
- [219] Tapiro, H., Oron-Gilad, T., & Parmet, Y. (2016). Cell phone conversations and child pedestrian's crossing behavior; a simulator study. *Safety science*, 89, 36-44.
- [220] Thomson, J. A., Ampofo-Boateng, K., Lee, D. N., Grieve, R., Pitcairn, T. K., & Demetre, J. D. (1998). The effectiveness of parents in promoting the development of road crossing skills in young children. *British journal of educational psychology*, 68(4), 475-491.
- [221] Thomson, J. A., Ampofo-Boateng, K., Pitcairn, T., Grieve, R., Lee, D. N., & Demetre, J. D. (1992). Behavioural group training of children to find safe routes to cross the road. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 173-183.
- [222] TIS. (2004). *Road Safety School Transport*. Final Report.
- [223] Transportation Safety Institute. (2017). Certificate Programs for Transportation Safety.
- [224] Trifunović, A. (2015). Primena geometrijskog modeliranja za unapređenje bezbednosti dece u saobraćaju. Master rad. Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet.
- [225] Trifunović, A. (2016). Značaj percepcije boja i poznavanje saobraćajnih znakova za bezbedno učestvovanje dece u saobraćaju. 11. *Međunarodna Konferencija - Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici*, Vrnjačka Banja, Srbija, pp. 235-244.
- [226] Trifunović, A., Čičević, S., & Dragović, M. (2019b). Experimental Study: How Fast is the Children's Reaction Times for Different Heights of Traffic Signs - Ergonomic Principles and Traffic Safety Aspect. *IETI Transactions on Ergonomics and Safety*, 3(1), 32-37.
- [227] Trifunović, A., Čičević, S., Dragović, M., Dobrodolac, M., Lazarević, D. (2017b). Do New Technologies Lead to Culture-Fairness in Testing and Education of Children. Multidisciplinary approach to cultural heritage, modern materials and technologies. Central Institute for Conservation, pp. 18, Belgrade, Serbia.
- [228] Trifunović, A., Čičević, S., Dragović, M., Petrović, M. (2018b). Differences in the Behavior of Children in Traffic Situations Presented on Mobile Devices and on the Polygon. *In Proceedings of the XIII International Conference "Road Safety in Local Community"*, Kopaonik, volume 1, pp. 306-314.
- [229] Trifunović, A., Čičević, S., Josić, A., Stokić, I. (2018d). The Use of new Technological Devices in Education for Children's Traffic Safety. *In Proceedings of the XIII International Conference "Road Safety in Local Community"*, Kopaonik, April 18-21, 2018, volume 2, pp. 175-182.
- [230] Trifunović, A., Čičević, S., Lazarević, D., Dragović, M., Čučaković, A. (2018a). Challenges and promises of mobile devices usage for spatial visualization skills assessment in technical drawing for engineering course. *In Proceedings of the 18th International Conference on Geometry and Graphics*, ed. Luigi Cocchiarella, 40th Anniversary-Milan, Italy, August 3-7, 2018. pp. 1740-1750.
- [231] Trifunović, A., Čičević, S., Lazarević, D., Dragović, M., Vidović, N., Mošić, M., Otat, O. (2019a). Perception of 3D Virtual Road Markings - Based on Estimation of Vehicle Speed. *FME Transactions*, 47, 360-369.
- [232] Trifunović, A., Čičević, S., Lazarević, D., Mitrović, S., Dragović, M. (2018f). Comparing tablets (touchscreen devices) and PCs in preschool children' education: testing spatial relationship using geometric symbols on traffic signs. *IETI Transactions on Ergonomics and Safety*. Vol. 2 Issue: 1, pp. 35-41,

- [233] Trifunović, A., Čičević, S., Lazarević, D., Vidović, N. & Kajkut, N. (20176). Poznavanje značenja saobraćajnih znakova dece mlađeg školskog uzrasta. *VI Međunarodna Konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“*. Banja Luka, Republika Srpska, pp. 203-209.
- [234] Trifunović, A., Čičević, S., Žunjić, A. & Dragović, M. (2018ђ). The importance of ergonomic principles in design of the traffic signs for children. In *Proceedings of the 7th International Symposium of Industrial Engineering - SIE 2018, 27th-28th September 2018, Serbia, Belgrade*, pp. 96-98.
- [235] Trifunović, A., Čičević, S., Zunjic, A., Dragović, M., & Yue, X. G. (2019В). An Experimental Study on the Certain Effects of Colors on the Perception of Preschool and Primary School Children-Implications To Design. *IETI Transactions on Ergonomics and Safety*, 3(1), 38-43.
- [236] Trifunović, A., Čičević, S., Žunjić, A., Mitrović, S., Dragović, M. (20186). New pedagogical approaches in digital media - enhanced traffic safety training for children. In *Proceedings of the 18th Conference of the series Man and Working Environment, International Conference 50 Years of Higher Education, Science and Research in Occupational Safety Engineering*, Nis, pp. 193-196.
- [237] Trifunović, A., Pešić, D., Čičević, S., & Antić, B. (2017a). The importance of spatial orientation and knowledge of traffic signs for children's traffic safety. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 81-92.
- [238] Trpković, A., Subotić, I., Reković, P., Vukobratović, I., & Mostafa, N. (2018). Standardizacija, projektovanje i upotreba grafičkih simbola u saobraćajnom inženjerstvu. *Put i saobraćaj*, 64(4), 43-47.
- [239] Tufegdžic, M., Arsic, S., & Trajanovic, M. (2016). Predictive geometrical model of the upper extremity of human fibula. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 36(1), 172-181.
- [240] Twisk, D. A. M., Vlakveld, W. P., & Commandeur, J. J. F. (2007). *When is education effective? Systematic evaluation of education projects* (Vol. 2006, No. 28).
- [241] UK Consumer Safety Unit. (2002). 24th annual report, home accident surveillance system. *London: Department of Trade and Industry*.
- [242] Vayalamkuzhi, P., & Amirthalingam, V. (2016). Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 3(6), 559-570.
- [243] Verma, P., Sood, S. K., & Kalra, S. (2017). Smart computing based student performance evaluation framework for engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(6), 977-991.
- [244] Vernadakis, N., Avgerinos, A., Tsitskari, E., & Zachopoulou, E. (2005). The use of computer assisted instruction in preschool education: Making teaching meaningful. *Early Childhood Education Journal*, 33(2), 99-104.
- [245] Villa-González, E., Barranco-Ruiz, Y., Evenson, K. R., & Chillón, P. (2018). Systematic review of interventions for promoting active school transport. *Prev Med (Baltim). United States*, 111, 115-134.
- [246] Villegas, J. J., Alhajyaseen, W. K., Nakamura, H., & Goto, A. (2018). Performance evaluation of the inside intersection median-turn lane markings on the mobility and safety performance of signalized intersections in the Philippines and Japan. *IATSS Research*, 230-239.
- [247] Vinter, A., Bonin, P., & Morgan, P. (2018). The severity of the visual impairment and practice matter for drawing ability in children. *Research in developmental disabilities*, 78, 15-26.

- [248] Vinje, M. P. (1981). Children as pedestrians: abilities and limitations. *Accident Analysis & Prevention*, 13(3), 225-240.
- [249] Vitković, N., Stojković, M., Majstorović, V., Trajanović, M., & Milovanović, J. (2018). Novel design approach for the creation of 3D geometrical model of personalized bone scaffold. *CIRP Annals*.
- [250] Vujanić, M., Pešić, D., Antić, B., & Smailović, E. (2014). Pedestrian risk at the signalized pedestrian crossing equipped with countdown display. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 4(1), 52-61.
- [251] Wanty, D. K., & Wilkie, S. M. (2010). *Trialling pedestrian countdown timers at traffic signals* (No. 428).
- [252] Wassenberg, R., Feron, F. J., Kessels, A. G., Hendriksen, J. G., Kalff, A. C., Kroes, M., ... & Vles, J. S. (2005). Relation between cognitive and motor performance in 5-to 6-year-old children: Results from a large-scale cross-sectional study. *Child development*, 76(5), 1092-1103.
- [253] Waterson, P., & Monk, A. (2014). The development of guidelines for the design and evaluation of warning signs for young children. *Applied ergonomics*, 45(5), 1353-1361.
- [254] Waterson, P., Pilcher, C., Evans, S., & Moore, J. (2010). Developing safety signs for children on board trains: findings from Great Britain. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 54, No. 11, pp. 788-792). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- [255] Waterson, P., Pilcher, C., Evans, S., & Moore, J. (2012). Developing safety signs for children on board trains. *Applied ergonomics*, 43(1), 254-265.
- [256] West, R., Sammons, P., & West, A. (1993). Effects of a traffic club on road safety knowledge and self-reported behaviour of young children and their parents. *Accident Analysis & Prevention*, 25(5), 609-618.
- [257] Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658.
- [258] World Health Organisation. (2019). Road Traffic Injuries.
- [259] World Health Organization. (2008). World report on child injury prevention.
- [260] World Health Organization. (2013). *Strengthening road safety legislation: a practice and resource manual for countries*. World Health Organization.
- [261] World Health Organization. (2014). World health organization cause-specific mortality estimates for 2000-2012.
- [262] World Health Organization. (2015). *Global status report on road safety 2015*. World Health Organization.
- [263] Wu, F. (2003). Transitional cities. *Environment and planning A*, 35(8), 1331-1338.
- [264] Wu, F. G., Lee, T. H., & Tsai, C. J. (2018). The cognition and ergonomic design of a direct manipulation digital drawing pen for children. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 65, 161-172.
- [265] Wu, M., Liang, X., Lu, S., & Wang, Z. (2017). Infant motor and cognitive abilities and subsequent executive function. *Infant Behavior and Development*, 49, 204-213.
- [266] Wu, Z., Sharma, A., Mannering, F.L., Wang, S. (2013). Safety impacts of signal-warning flashers and speed control at high-speed signalized intersections. *Accident Anal. Prev.* 54, 90-98.

- [267] Xi, J., Zhao, Z., Li, W., & Wang, Q. (2016). A traffic accident causation analysis method based on AHP-apriori. *Procedia engineering*, 137, 680-687.
- [268] Xiong, H., Xiong, L., Deng, X., & Wang, W. (2014). Evaluation of the impact of pedestrian countdown signals on crossing behavior. *Advances in Mechanical Engineering*, 6, 1-7.
- [269] Yee, C. K., Ling, C. S., Yee, W. S., & Zainon, W. M. N. W. (2012). GUI design based on cognitive psychology: theoretical, empirical and practical approaches. In *Computing technology and information management (iccm), 2012 8th international conference on* (Vol. 2, pp. 836-841). IEEE.
- [270] York, I., Ball, S., Beesley, R., Webster, D., Knight, P., & Hopkin, J. (2011). Pedestrian Countdown at Traffic Signal Junctions (PCaTS)-Road Trial. *United Kingdom: Transport Research Laboratory*.
- [271] Young, S. L. (1992). *Increasing the noticeability of warnings: Effects of pictorial, color, signal icon and border* (Doctoral dissertation, Rice University).
- [272] Yu, Y., El Kamel, A., Gong, G., & Li, F. (2014). Multi-agent based modeling and simulation of microscopic traffic in virtual reality system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 45, 62-79.
- [273] Закон о безбедности саобраћаја на путевима. (2018). *Службени гласник Републике Србије*, бр. 87/2018.
- [274] Zare, H., Niknami, S., Heidarnia, A., & Fallah, M. H. (2019). Traffic safety education for child pedestrians: a randomized controlled trial with active learning approach to develop street-crossing behaviors. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 60, 734-742.
- [275] Завод за унапређење образовања и васпитања Републике Србије. Наставни планови и програми. Доступно на дан 19.03.2019. - <http://zuov.gov.rs/nastavni-planovi-i-programi/>
- [276] Zeedyk, M. S., & Kelly, L. (2003). Behavioural observations of adult-child pairs at pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 771-776.
- [277] Zeedyk, M. S., Wallace, L., & Spry, L. (2002). Stop, look, listen, and think?: What young children really do when crossing the road. *Accident Analysis & Prevention*, 34(1), 43-50.
- [278] Zeuwts, L. H., Vansteenkiste, P., Deconinck, F. J., Cardon, G., & Lenoir, M. (2017). Hazard perception in young cyclists and adult cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 105, 64-71.
- [279] Zhang, H. (2018). Geometric discriminative deep features for traffic image analysis. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 57, 163-171.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Александар Трифуновић, мастер инжењер саобраћаја, рођен је 17.05.1990. године у Крагујевцу. По завршеној основној школи у Рачи, уписао је Електротехничку школу у истом месту. Након успешног завршетка средње школе, 2009. године уписао је Саобраћајни факултет, Универзитета у Београду, на одсеку за Друмски и градски саобраћај и транспорт, смер Безбедност саобраћаја. Основне студије завршио је 2013. године, са просечном оценом у току студирања 9.26 и са оценом 10 одбранио је Завршни рад, под називом „Утицај перцепције боја и просторних релација деце предшколског узраста са аспекта безбедности саобраћаја“.

На истом факултету, уписао је Мастер академске студије 2013. године. Мастер академске студије завршио је 2015. године, са просечном оценом 9,71 и са оценом 10 одбранио је Мастер рад, под називом „Примена геометријског моделирања за унапређење безбедности деце у саобраћају“.

Уписао је докторске студије 2015. године на Саобраћајном факултету, Универзитета у Београду, на студијском програму Саобраћај. Испите предвиђене наставним планом и програмом докторских студија положио је са просечном оценом 9,75.

Од 2014. године запослен је на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету, као сарадник у настави за ужу научну област „Геометријско моделирање у саобраћају и транспорту“. У звање асистента, на истој ужој научној области, изабран је 2016. године.

Присуствовао је бројним међународним и домаћим конференцијама и семинарима, а као аутор или коаутор учествовао у изради преко 100 научних и стручних радова, од којих су четири објављена у научним часописима међународног значаја (M21 и M22).

Ангажован је као рецензент за угледне међународне часописе Accident Analysis & Prevention и Perceptual and Motor Skills. Од 2017. године члан је Српског удружења за геометрију и графику (СУГИГ).

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Александар Трифуновић
Број индекса: ДС15Д007

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

ПРИМЕНА ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ
СПРЕМНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Александар Трифуновић
Број индекса: ДС15Д007
Студијски програм: Саобраћај
Наслов рада: ПРИМЕНА ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА
ОДРЕЂИВАЊЕ СПРЕМНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО
БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ
Ментор: Ванредни професор др Далибор Пешић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ПРИМЕНА ГЕОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ СПРЕМНОСТИ ДЕЦЕ ЗА САМОСТАЛНО БЕЗБЕДНО УЧЕСТВОВАЊЕ У САОБРАЋАЈУ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.