



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
Департаман за енергетику, електронику и телекомуникације

**Развој мултимодалног система
образовне игре за слабовиду и слепу децу**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Аутор:
мр Бранко Лучић

Ментор:
проф. др Милан Сечујски

Нови Сад, 2016.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	мр Бранко Лучић
Ментор, МН:	др Милан Сечујски, ванредни професор
Наслов рада, НР:	Развој мултимодалног система образовне игре за слабовиду и слепу децу
Језик публикације, ЈП:	српски
Језик извода, ЈИ:	српски / енглески
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Аутономна покрајина Војводина
Година, ГО:	2016.
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/цитата/табела/слика/графика/прилога)	5/106/2/24/86/4/5
Научна област, НО:	Електротехничко и рачунарско инжењерство
Научна дисциплина, НД:	Телекомуникације и обрада сигнала
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Мултимодални систем, образовна игра, геометрија, слабовида и слепа деца, говорна интеракција
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад
Важна напомена, ВН:	



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Извод, ИЗ:	<p>У дисертацији су приказани развој мултимодалног система за образовну игру Луграм и истраживања везана за његову примену у области редовног и специјализованог основношколског образовања. Извршено је испитивање утицаја Луграма на повишење ефеката учења геометрије у редовној разредној настави, испитивање да ли његову прилагођену мултимодалну верзију могу да користе слабовида и слепа деца и да ли се она може користити за њихову обуку за самосталну употребу рачунарске аудио верзије Луграма. Утврђено је да Луграм има утицаја на пораст успеха у учењу геометрије и да се прилагођена аудио-тактилна верзија може користити у сврху обуке слабовиде и слепе деце за самостално коришћење аудио верзије игре. Резултати истраживања су показали оправданост приступа развоју Луграма као мултимодалног система за игру и усмерили његов даљи развој ка асистивном мултимодалном систему који поседује способност говорне интеракције са корисником и могућност прилагођења различитим категоријама корисника.</p>		
Датум прихватања теме, ДП:	12.11.2015.		
Датум одбране, ДО:			
Чланови комисије, КО:	Председник:	др Владо Делић, редовни професор, Факултет техничких наука, Нови сад	
	Члан:	др Марко Јанев, научни сарадник, Математички институт САНУ, Београд	
	Члан:	др Милан Гњатовић, доцент, Факултет техничких наука, Нови сад	
	Члан:	др Никша Јаковљевић, доцент, Факултет техничких наука, Нови сад	Потпис ментора
	Члан:	др Јелена Николић, доцент, Електронски факултет, Ниш	
	Члан, ментор:	др Милан Сечујски, ванредни професор, Факултет техничких наука, Нови сад	

Образац Q2.НА.06-05- Издање 1



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph documentation
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Ph.D. Thesis
Author, AU :	Branko Lučić, M.Sc.
Mentor, MN :	Milan Sečujski, Ph.D., associate professor
Title, TI :	Development of the multimodal system of educational game for partially sighted and blind children
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian / English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Autonomous Province of Vojvodina
Publication year, PY :	2016.
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	5/106/2/24/86/4/5
Scientific field, SF :	Electrical and Computer Engineering
Scientific discipline, SD :	Telecommunication and Signal Processing
Subject/Key words, S/KW :	Multimodal system, educational game, geometry, partially sighted and blind children, speech interaction
UC	
Holding data, HD :	Library of the Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad
Note, N :	



UNIVERSITY OF NOVI SAD • **FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Abstract, AB :	<p>The dissertation presents the development of the multimodal system for the educational game Lugram and the research related to its application in the regular and specialized primary education.</p> <p>The examination of the effect which Lugram has on the improvement in learning geometry in the primary education is done, as well as the testing whether its adapted multimodal version can be used for the training of partially sighted and blind children for the independent use of the computer audio version of Lugram.</p> <p>It is established that Lugram has an influence on the improvement in learning geometry and that adapted audio-tactile version can be used for the training purposes for partially sighted and blind children.</p> <p>Results of the research have justified the approach in the development of Lugram as a multimodal system for the game. Moreover, they focus further development toward assistive multimodal system which has ability of the voice interaction with the user and also ability of adaptation to the different kind of users.</p>		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	12.11.2015.		
Defended on, DE :			
Defended Board, DB :	President:	Ph.D. Vlado Delić, full professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad	
	Member:	Ph.D. Marko Janev, research associate, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Beograd	
	Member:	Ph.D. Milan Grnjatović, assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad	
	Member:	Ph.D. Nikša Jakovljević, assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad	Menthor's sign
	Member:	Ph.D. Jelena Nikolić, assistant professor, Faculty of Electronic Engineering, Niš	
	Member, Mentor:	Ph.D. Milan Sečujski, associate professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad	

Obrazac Q2.HA.06-05- Izdanje 1

Садржај

1. Увод	1
1.1 Предмет, циљ, хипотезе и ток истраживања.....	3
1.2 Кратак садржај дисертације.....	4
2. Истраживање у области редовног образовања	5
2.1 Игра.....	6
2.1.1 Дидактичка игра	6
2.1.2 Рачунарске игре	7
2.1.3 Геометрија.....	8
2.1.4 Геометријске слагалице	9
2.2 Луграм	12
2.2.1 Софтверске верзије.....	13
2.3 Школски образовни пројекат Луграм.....	21
2.3.1 Садржаји пројекта и план реализације	22
2.3.2 Реализација.....	24
2.3.3 Примена резултата пројекта	33
2.3.4 Закључци усмерени на унапређење рада у настави	47
2.4 Примери примене стандардних верзија Луграма у инклузивном образовању	48
2.4.1 Примена у оквиру инклузије у редовној основној школи	48
2.4.2 Примена у специјализованој школи	50
3. Истраживање у области образовања слабовиде и слепе деце.....	51
3.1 Преглед научно-истраживачких радова	51
3.2 Геометрија, перцепција простора, рачунарске игре.....	56
3.2.1 Геометрија и перцепција простора	59
3.2.2 Рачунарске игре	60
3.3 Прилагођење Луграма.....	61
3.3.1 Верзија за слабовиду децу	61
3.3.2 Верзија за слепу децу	65
3.4 Дизајнирање финалних прототипа прилагођеног Луграм-модула за игру.....	76
3.4.1 Примена <i>Text-to-Speech (TTS)</i> технологије	77
3.4.2 Реконструкција мултимодалног прототипа заснованог на тастатури као тактилном уређају.....	79
3.4.3 Завршно тестирање финалног прототипа заснованог на тастатури као тактилном уређају.....	81
3.4.4 Увођење говорне интеракције корисник - Луграм.....	85
4. Планови за наредна истраживања.....	96
4.1 Идејни концепт даљег развоја Луграм- <i>ITS</i> -а	96
4.2 Аутоматизовани тактилни модул.....	99
4.3 Аудио верзија модула за креирање задатака	100
4.4 Истраживање нових метода примене Луграма у образовању.....	102
4.5 Могућности примене осталих прототипа за слепу децу.....	103
5. Закључна разматрања.....	104

Литература

Прилози

Списак табела

Табела 2.1 Структура целокупног узорка ученика према успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда	35
Табела 2.2 Структура подузорка ученика према успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда.....	35
Табела 2.3 <i>t</i> -тест: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда у Е и К групи	38
Табела 2.4 Резултати иницијалног испитивања знања из геометрије ученика у Е и К групи, задацима објективног типа	39
Табела 2.5 <i>t</i> -тест: ниво знања из геометрије у Е и К групи на иницијалном тесту задацима објективног типа	39
Табела 2.6 Резултати финалног испитивања знања из геометрије ученика у Е и К групи, задацима објективног типа	40
Табела 2.7 <i>t</i> -тест: ниво знања из геометрије у Е и К групи на финалном тесту задацима објективног типа	40
Табела 2.8 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања	41
Табела 2.9 <i>Scheffe test</i> : успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања	41
Табела 2.10 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања	41
Табела 2.11 <i>Scheffe test</i> : успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања	42
Табела 2.12 <i>t</i> -тест: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда у SW и KA групи.....	42
Табела 2.13 Резултати иницијалног испитивања знања из геометрије ученика у SW и KA групи, задацима објективног типа.....	43
Табела 2.14 <i>t</i> -тест: ниво знања из геометрије у SW и KA групи на иницијалном тесту задацима објективног типа	43
Табела 2.15 Резултати финалног испитивања знања из геометрије ученика у SW и KA групи, задацима објективног типа.....	44
Табела 2.16 <i>t</i> -тест: ниво знања из геометрије у SW и KA групи на финалном тесту задацима објективног типа	44
Табела 2.17 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања	45
Табела 2.18 <i>Scheffe test</i> : успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања	45
Табела 2.19 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања	45
Табела 2.20 <i>Scheffe test</i> : успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања	45
Табела 2.21 Резултати анкете ученика експерименталне групе (упитник у Прилогу 4) након финалног испитивања знања (Лучић, 2008).....	46
Табела 3.1 Резултати тестирања почетна три задатка (само квадрат)	83
Табела 3.2 Резултати након увођења правоугаоника	83
Табела 3.3 Резултати тестирања једног броја питања и наредби које подржава <i>Lugram_command_v2.bnf</i>	94

Списак слика

Слика 2.1 Пример класификације рачунарских игара (Речицки и Гиртнер, 2002)	7
Слика 2.2 Комбинације игре, симулација и истраживања случајева (Петровић и Пинтер, 2006)	8
Слика 2.3 Пример <i>Visual Shapes</i> задатка и решење	9
Слика 2.4 Пример <i>Tangram Pro</i> задатка и решење	10
Слика 2.5 Интерфејс <i>Pattern Blocks</i> -а.....	10
Слика 2.6 Тетрис	11
Слика 2.7 Саставни елементи и пример Луграм-задатка	12
Слика 2.8 Једна поставка задатака „картонског“ Луграма	12
Слика 2.9 Развој софтверских верзија Луграма под <i>Windows</i> -ом (Лучић и Вујновић Седлар, 2009).....	13
Слика 2.10 Луграм_3x3 (<i>a</i> - <i>MS C</i> -ом и <i>b</i> - <i>Borland C++ Builder</i> -ом)	14
Слика 2.11 Екран за одабир задатака првог нивоа игре и пример једног задатка	15
Слика 2.12 Неуспешан покушај играча и реакција програма.....	15
Слика 2.13 Интерфејс верзије Луграм_5x5	16
Слика 2.14 Луграм_III_г (<i>a</i> - модул за креирање саставних елемената, <i>b</i> - модул за креирање задатака, <i>c</i> - модул за игру)	17
Слика 2.15 Интерфејс модула за креирање саставних елемената	17
Слика 2.16 Интерфејс модула за креирање задатака	18
Слика 2.17 Други неуспешан покушај играча и реакција програма	18
Слика 2.18 Трећи неуспешан покушај играча и реакција програма	19
Слика 2.19 Идејни концепт Луграм-ITS-а (Лучић, 2008, Lučić et al., 2015)	19
Слика 2.20 Идејни концепт базе знања Луграм-ITS-а (Лучић, 2008, Lučić et al., 2015).20	
Слика 2.21 Луграм_III.....	21
Слика 2.22 Картонски Луграм - примена у првом разреду (2006/07.)	24
Слика 2.23 Инсталирање Луграм_III_г (IV разред, 2009/10.).....	24
Слика 2.24 Креирање задатка и изглед задатка у модулу за игру (2009/10.)	24
Слика 2.25 Луграм_III_online (www.lugram.net/lugram_online.html).....	25
Слика 2.26 Картонски комплет предвиђен за употребу у I и II разреду.....	25
Слика 2.27 Квадратура - <i>full screen</i> варијанта - мрежа 10x10 квадрата	26
Слика 2.28 Први разред - наставна јединица „Речи које означавају положај предмета“ - учионица првог разреда (2010/11.)	26
Слика 2.29 Први разред - Квадратура - наставна јединица „Радње мишем“ (кабинет за наставу информатике (2010/11.))	27
Слика 2.30 Први разред - Луграм_III - картонски и софтверски (2010/11.).....	28
Слика 2.31 Други разред - картонски и Луграм_III_online (2011/12.)	28
Слика 2.32 Трећи разред - Луграм_3x3 (2012/13.).....	29
Слика 2.33 Четврти разред - Луграм_III_г (шк. 2013/14.).....	29
Слика 2.34 <i>Graph Paper Programming</i> - демонстрација	30
Слика 2.35 Луграм и симболи <i>Graph Paper Programming</i> -а, демонстрација алгоритма првог задатка и рад ученика	31
Слика 2.36 Решавање другог задатка	31
Слика 2.37 Трећи задатак - самосталан рад ученика	32
Слика 2.38 Читање задатог Луграм-алгоритма	32
Слика 2.39 Картонски Луграм - примена током експерименталног периода	38
Слика 2.40 Луграм_III_online - примена током експерименталног периода	38

Слика 2.41 Луграм на часу изборног предмета у одељењу I-1	48
Слика 2.42 Луграм_III и Луграм_III_online - школа „Смех и суза“ у Алексинцу	50
Слика 3.1 Интерфејс <i>The Castle jigsaw puzzle</i>	52
Слика 3.2 Интерфејс <i>The Snake jigsaw puzzle</i>	52
Слика 3.3 Интерфејс <i>tactile memory game</i> -а (Raisamo et al., 2007)	53
Слика 3.4 Обука менталним (тактилним) моделом игре и игра употребом вибро-тактилног <i>gamepad</i> -а (Raisamo et al., 2007)	53
Слика 3.5 <i>AudioDoom</i> - виртуелни модел и реконструисни екстерни модел (Sanchez, 2006)	54
Слика 3.6 „ <i>Hammer Time</i> “ интерфејс и „ <i>Obstacle Race</i> “ интерфејс	54
Слика 3.7 Функција тастатуре као тактилног уређаја (Sánchez and Elías, 2006)	55
Слика 3.8 <i>TiM's methodology</i> (Buaud et al., 2002)	55
Слика 3.9 <i>PHANToM</i> и <i>FEELit Mouse</i> (Sjöström and Rasmus-Gröhn, 1999)	57
Слика 3.10 <i>PHANToM OMNI pencil - experimental validation of the kinematics</i> (Jarillo-Silva et al., 2009)	57
Слика 3.11 <i>Scheme of tactile board</i> и <i>Picture of tactile board</i> (TIM IST-2000-25298, D12 Game function report, 2003)	58
Слика 3.12 <i>Vibro-tactile pen</i> (Evreinov, Alternative Access: Feelings & Games 2005)	58
Слика 3.13 Екран првог нивоа игре - модификована верзија	62
Слика 3.14 Задатак првог нивоа - понуда елемената - један по један	63
Слика 3.15 Задатак првог нивоа - приступ говорном упутству	64
Слика 3.16 Решен задатак првог нивоа - повратак на мени	64
Слика 3.17 Нумеричка тастатура и редефинисана матрица Луграм-задатка	66
Слика 3.18 Активне типке тастатуре у верзијама Луграма за следе кориснике	66
Слика 3.19 Пример <i>Lingo-script</i> -а Луграма за следе кориснике	67
Слика 3.20 Примери <i>Sound</i> датотека позиваних у <i>Lingo-script</i> -у Луграма	67
Слика 3.21 Опис саставних елемената говорном поруком	68
Слика 3.22 Тастатура као тактилни уређај - потез играча	69
Слика 3.23 Задатак „ <i>Поштанско сандуче</i> “ - потези играча	70
Слика 3.24 Ниво игре број два - „ <i>Поштанско сандуче</i> “ - потез играча	71
Слика 3.25 Први тестови - заклоњен монитор за децу која виде	72
Слика 3.26 (a) Луграм-задаци стандардне верзије игре (b) Пример тактилног модела задатка	73
Слика 3.27 Корелација тактилни модел - нумеричка тастатура	74
Слика 3.28 <i>AlfaNum TTS</i> технологије - демонстрација (www.alfanum.co.rs)	78
Слика 3.29 Тактилни модел од шпер плоче и храпаве гуме	79
Слика 3.30 Концепција модификованог мултимодалног система за игру	80
Слика 3.31 Задаци предвиђени за финално тестирање	81
Слика 3.32 Унос података о ученику који учествује у тестирању	82
Слика 3.33 Припрема <i>ActiveX</i> контроле Луграм модула за игру	85
Слика 3.34 <i>Time-line Director</i> -а - позив <i>ActiveX</i> контроле	86
Слика 3.35 Луграм са <i>anASR</i> подршком - потез играча	88
Слика 3.36 Луграм са интегрисаном <i>anASR</i> подршком - уводно тестирање организовано са децом која виде (Lučić et al., 2015)	88
Слика 3.37 Луграм - мултимодални приступ (Lučić et al., 2015)	89
Слика 4.1 Говорна комуникација у оквиру Луграм- <i>ITS</i> -а	96
Слика 4.2 Проширење базе знања Луграм- <i>ITS</i> -а	97
Слика 4.3 Луграм дијалог	98

Слика 4.4 Аутоматизована тактилна табла и пример постављеног задатка	99
Слика 4.5 Јединично поље матрице и његов основни управљиви елемент	100
Слика 4.6 Интерфејс аудио-модула за креирање Луграм-задатака.....	101
Слика 4.7 Робустна тастатура (Лазор и др., 2012) и СуКеу (минималан број тастера)	103

Напомена: фотографије на којима су приказани ученици објављене су уз сагласност родитеља.

Списак графикана

<i>Графикон 2.1</i> Резултати група на иницијалном испитивању знања	39
<i>Графикон 2.2</i> Резултати финалног испитивања знања	40
<i>Графикон 2.3</i> Резултати подгрупа на иницијалном испитивању знања.....	43
<i>Графикон 2.4</i> Резултати финалног испитивања знања	44

Листа скраћеница и ознака

<i>AILL</i>	<i>Artificial Intelligence Lugram Language</i>	Луграм-језик којим корисник остварује говорну интеракцију са играм Луграм, близак слободној конверзацији на српском језику
<i>AS</i>		Аритметичка средина
<i>ASR</i>	<i>Automatic Speech Recognition</i>	Аутоматско препознавање говора
<i>anASR</i>	<i>AlfaNum Automatic Speech Recognition</i>	Сервер апликација за Аутоматско препознавање говора, производ предузећа Алфанум Нови Сад
<i>BMP</i>	<i>file extension</i>	<i>Windows</i> битмап (растер) графички формат
<i>DCR</i>	<i>file extension</i>	<i>Macromedia Director Shockwave media</i> датотека
<i>df</i>	<i>degrees of freedom</i>	Број степени слободе
<i>E</i>		Експериментална група ученика
<i>F</i>		<i>F</i> -количник, Анализа варијансе
<i>FT</i>		Финални тест испитивања знања из геометрије
<i>GUI</i>	<i>Graphical User Interface</i>	Графички интерфејс намењен кориснику
<i>ITS</i>	<i>Intelligence Tutorial System</i>	Интелигентни туторски систем
<i>IT</i>		Иницијални тест испитивања знања из геометрије
<i>K</i>		Контролна група ученика
<i>KA</i>		„Картон“ подгрупа експерименталне групе ученика
<i>MAT</i>		Успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда
<i>MICOLE</i>	<i>Multimodal Collaboration Environment for Inclusion of Visually Impaired Children</i>	Европски пројекат који укључује развој мултимодалних апликација које комбинују графички, аудио и хаптички интерфејс
<i>MP3</i>	<i>file extension (MPEG-1 Audio Layer-3)</i>	Технолошки стандард и формат за компресију звучне секвенце у датотеку малог капацитета
<i>NPAPI</i>	<i>Netscape Plugin Application Programming Interface</i>	<i>Plug-in</i> је софтверска компонента која додаје нову, специфичну функцију постојећој апликацији - у овом случају Интернет прегледачу
<i>p</i>		Параметар - значајност статистике (<i>significance (sig)</i>)
<i>SD</i>		Стандардна девијација

<i>SPSS</i>	<i>Statistical Package for the Social Science</i>	Програмски пакет намењен статистичкој анализи података
<i>SW</i>		„Софтвер“ подгрупа експерименталне групе ученика
<i>SWA</i>	<i>file extension (Shockwave audio)</i>	Формат аудио датотека у <i>Macromedia Director-у</i>
<i>t</i>	<i>t-value</i>	t-количник, Студентова расподела
<i>TIM</i>	<i>Tactile Interactive Multimedia</i>	Пројекат који омогућава (архитектура и методологија) стварање мултимодалних игара прилагођених расположивом хардверу
<i>TL</i>	<i>TiM Language</i>	Програмски језик за креирање рачунарских игара за слабовиду и слепу децу, развијен у оквиру <i>TiM</i> пројекта
<i>TTS</i>	<i>Text-To-Speech</i>	Синтеза говора из текста
<i>TXT</i>	<i>file extension (Plain Text File)</i>	Стандардна текстуална дототека која садржи неформатирани текст, препознатљив од било ког едитора текста или текст процесор програма
<i>WAV</i>	<i>file extension</i>	Формат аудио датотеке (креиран од стране <i>Microsoft-a</i>)

Захвалница

Захваљујем се свим појединцима и институцијама уз чију помоћ и подршку сам успео да реализујем задатке и достигнем постављене циљеве својих истраживања представљених у овој дисертацији.

Желим посебно да се захвалим проф. др Владу Делићу за предлог, а потом стварање услова да научно-истраживачки рад који сам започео истраживањима везаним за примену образовне игре Луграм у редовној разредној настави, наставим у правцу развоја њених верзија прилагођених деци оштећеног вида, уз његову помоћ и подршку и помоћ и подршку тима његових сарадника са Катедре за телекомуникације и обраду сигнала Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду и из предузећа Алфанум из Новог Сада.

Ментору, проф. др Милану Сечујском, желим посебно да се захвалим за помоћ и подршку коју ми је пружио приликом израде докторске дисертације и приликом припремања и објављивања научних радова.

У писању научних радова, припреми и тестирању прототипа рачунарске игре Луграм прилагођених слабовидој и слепој деци, значајно су ми помогли мр Наташа Вујновић Седлар, Драгиша Мишковић, Стеван Острогонац и др Милан Гњатовић, па овом приликом желим посебно да им се захвалим.

Такође желим да се захвалим дугогодишњим познаницима и колегама, Кости Ћурковићу и Раду Шолаку, за савете и подршку коју су ми пружили.

Хвала ученицима, наставницима и управама основних школа „20. октобар“ из Сивца, „Иво Лола Рибар“ и „Никола Вукићевић“ из Сомбора, Школе за ученике оштећеног вида „Вељко Рамадановић“ из Земуне, ШОСО „Милан Петровић“ из Новог Сада, ШОСО „Вук Карацић“ из Сомбора, МНРО „Плава птица“ из Куле и Основне школе за образовање и васпитање деце и омладине са сметњама у развоју „Смех и суза“ из Алексинца, за сарадњу, пружену подршку, помоћ, савете и исказано разумевање за истраживања којима се бавим.

Велику захвалност упућујем ћеркама Милици и Данки и супрузи Снежани, за љубав, разумевање и подршку коју ми пружају.

Аутор

1. Увод

Трајност стечених знања ученика зависи у многоме од начина њиховог стицања. Основношколски период наставе се одликује снажним развојем способности посматрања, памћења, фантазије и мишљења код ученика. Ако ученици до знања долазе властитим поимањем, расуђивањем и закључивањем, њихова знања ће бити квалитетнија, поузданија и трајнија. На млађем школском узрасту (I-IV разреда) деца су везана за конкретности, за сопствено искуство, и на тај начин лакше уче и обучавају се. У разредној настави посебан значај имају методе, облици и средства рада који дају допринос развијању интересовања ученика, који су васпитно-усмерени, који подржавају моделски приступ настави, који подстичу интелектуалне активности ученика и развој мишљења. Решавање проблема претпоставља висок степен мишљења, односно трагања за везама и односима међу чињеницама, узроцима и последицама, везама између познатог и новог, простог и сложеног. Конкретно мишљење је засновано на перцепцијама и представама. Учење властитом мисаоном активношћу је праћено спонтаним, ненамерним запамћивањем стечених знања, што олакшава њихово задржавање у свести ученика. (Лучић, 2008)

Игра је, као доминантна активност детињства, увек изазивала интерес у области образовања и васпитања, а њени развојни потенцијали су уочавани рано у развоју људског друштва. Игра је капитални метод учења и развоја личности, нарочито у ранијим узрастима (Каменов, 1989). Као веома популарна и изузетно комплексна људска активност симулације, средство поједностављеног, индиректног испитивања појава и истраживање разних примера и случајева, игра представља ослонац на којем се заснива формирање појмова у почетној настави (Петровић и Пинтер, 2006). И поред вишестраних (социолошких, психолошких, педагошких, медицинских, развојних) интересовања, игра није довољно истражена и о њој се ни у једном од наведених аспеката не може стећи комплетна слика. Ако се бира као део стратегије која се користи у образовном процесу, мора се имати потребно разумевање за присуство игре у процесу учења, како се не би упало у замке површности приступа таквој методи и изневерила игра и њена аутономија. Игра не треба искључиво да се користи као продужена вежбовна активност у настави или активност да се лакше савладају школски задаци (Божовић, 2004).

Формирању математичких појмова и раду са апстракцијама треба да претходи конкретан рад на очигледним примерима, формирање менталних слика које чине мост између објективне стварности и света појмова, термина и симбола. Метода модела у настави математике, од изузетне је важности за развој интелектуалних способности ученика, јер се остварује путем анализе и синтезе, апстракције и конкретизације, индукције и дедукције, упоређивања и аналогije.

Наставна пракса наставе математике игру примењује и осећа потребу за њом. Игра се јавља као садржај, облик, методски облик, поступак, форма, као рачунарска анимација или симулација, а образовни софтвери намењени почетној настави математике су често софтвери типа образовних математичких игара у којима су преваходно заступљене слике и анимације. У методици наставе математике, међутим, на игру се не наилази у класификацијама наставних облика и метода рада (Петровић и Пинтер, 2006). Игра има највећи утицај на пажњу јер у игри деца постижу највећу могућу концентрацију. Пажња која на почетку школовања не траје више од 20 минута, приликом игре може да траје чак и више од 45 минута. Игра смањује разлику у интезитету пажње ученика различитих способности.

Применом образовне рачунарске игре у наставном раду наставници уносе више занимљивости и динамике у наставне садржаје које припремају, а мотивација и заинтересованост ученика да уче на такав начин, доприносе укупном успеху у учењу. Природно је да се такав приступ настави покуша да примени у инклузивном образовању и у образовању у специјализованим школама. Образовање је кључно за социјализацију особа са инвалидитетом и пресудно је за разбијање предрасуда о њиховим могућностима и способностима, а њеној ефикаснијој и лакшој реализацији се може допринети применом савремених технологија. Настојања да се обезбеди што лакша инклузија особа са инвалидитетом, довела су до развоја различитих помагала базираних на савременим технологијама, па је тако дошло и до развоја одговарајућих облика рачунарских игара образовног и забавног карактера (Mester et al., 2011, Delić and Vujnović Sedlar, 2010, Pekar et al., 2010). Развојем прилагођених рачунарских игара и њиховом применом се жели да доприносе лакшој инклузији, како на децем, тако и на старијем узрасту. Развој рачунарских игара за особе са инвалидитетом, поред креирања нових игара обухвата и адаптације постојећих, јер је поред развоја нових игара веома важно и постојеће рачунарске игре, колико год је то могуће, прилагодити тој популацији. Већину савремених рачунарских игара, па тако и игре намењене образовању и настави, карактерише висок степен интерактивности и богато графичко окружење за корисника, што особе са инвалидитетом (слабовиде и слепе особе на пример) често потпуно искључује из круга њихових корисника. Могућност прилагођења и ниво прилагођености игре циљној групи корисника, зависи како од карактеристика саме игре, тако и од врсте инвалидитета корисника. Ако се образовна игра осмисли у облику система за игру (Лучић, 2008), без негативног утицаја на њену аутономију и спонтаност, а њене карактеристике омогућавају прилагођење, рад на развоју прилагођених верзија се може посматрати као интегрални део развоја самог система игре.

Дисертација описује развој система образовне игре Луграм, истраживања која се баве испитивањем да ли Луграм може позитивно да утиче на учење у редовној настави, испитивањем доступности и употребљивости верзија прилагођених слабовидој и слепој деци као самосталним корисницима, план за унапређење структуре и функције система за образовну игру Луграм и на томе заснована будућа истраживања.

1.1 Предмет, циљ, хипотезе и ток истраживања

Истраживање се у области редовног основног образовања бавило утврђивањем да ли применом образовне игре Луграм може да се утиче на повишење ефеката учења геометрије у разредној настави и постоји ли разлика у том утицају у зависности од тога да ли се Луграм примењује као рачунарска игра или другом врстом медија (нпр. тактилно). У области специјализованог основног образовања циљ истраживања је био да се дође до одговора на питање да ли слабовида и слепа деца могу да користе прилагођену верзију мултимодалног систем за игру Луграм и да ли он, по осмишљеном концепту аутора истраживања, може да се користи за обуку слабовиде и слепе деце да самостално користе Луграм као рачунарску аудио игру.

Хипотеза истраживања у области редовног основног образовања се односила на питање да ли осмишљени концепт мултимодалног система за игру Луграм, применом у редовној разредној настави, поспешује учење геометрије и да ли се софтверском делу тог система то може више приписати. У области специјализованог образовања је хипотеза истраживања постављена у вези са питањем да ли слабовида и слепа деца могу да користе прилагођену (аудио и тактилну) верзију Луграма. Очекивало се да ће примена Луграма утицати на пораст постигнућа ученика у учењу геометрије и да ће томе више допринети софтверска верзија игре, а да ће мултимодална верзија прилагођена слабовидој и слепој деци моћи да се користи за њихову обуку за самостално коришћење рачунарске аудио верзије Луграма.

Истраживање у области редовне разредне наставе је реализовано кроз фазе прикупљања података о узорку истраживања, уједначавања група и формирања иницијалног стања (након иницијалног теста испитивања знања из геометрије), уношења експерименталног фактора (у складу са припремљеним садржајима) у периоду обраде наставне теме Троугао (у трећем разреду) и финалног испитивања знања ученика (по завршетку експерименталног периода) да би се утврдио исход учења у виду успеха и након статистичке обраде и анализе резултата, прихватила или одбацила хипотеза истраживања.

У области специјализованог образовања, истраживање се одвијало кроз фазе тестирања креираних прототипа. Прво са децом која виде и имају искуства у игрању Луграмом, а потом појединачним тестирањима са циљном групом корисника, слабовидом и слепом децом различитог узраста и способности. Након анализе повратних информација и реконструкције прототипа, тестирања су настављена са ученицима специјализоване школе за слабовиду и слепу децу, како би се утврдила способност финалног мултимодалног прототипа за остварење постављеног циља истраживања и након анализе добијених резултата прихватила или одбацила хипотеза истраживања.

1.2 Кратак садржај дисертације

Након уводног поглавља, дисертација наведена истраживања представља кроз два наредна поглавља. Оба поглавља у уводним деловима садрже преглед ставова и схватања из литературе, везаних за подручја истраживања.

Друго поглавље садржи опис геометријске слагалице Луграм, концепта на којем је заснована њена примена у редовној разредној настави, наведеног истраживања у тој области и приказ резултата и закључака истраживања на основу којих је формиран став према постављеним хипотезама истраживања.

У трећем поглављу је дат опис поступка прилагођења Луграма слабовидој и слепој деци, кроз фазе рада на креирању прототипа, опис истраживања на тему доступности прототипа популацији којој су намењени, изведеног тестирањем прототипа у реалним условима ради анализе повратних информација, стечених искустава и постигнутих резултата, са циљем доношења закључака о постављеним хипотезама истраживања.

У четвртном поглављу су изнете идеје и предлози за наставак рада у подручју истраживања којима се дисертација бави.

Завршно поглавље садржи закључна разматрања и закључке изведене на основу постигнутих резултата и стечених искустава. Резултати истраживања се сагледавају и из ширег угла гледања на тему креирања образовног софтвера у школама и утицаја развоја рачунарских технологија на софтверске производе на којима су истраживања описана у дисертацији базирана.

2. Истраживање у области редовног образовања

Математичко образовање се као значајна компонента општег образовања, с правом доводи у непосредну везу са успехом у васпитању и образовању на свим нивоима (Кркљуш, 1977). Окосницу реформе наставе математике, чини развијање математичког мишљења, са наглашеном самосталношћу ученика у изграђивању математичких структура. У тражењу ефикаснијих метода математичког образовања критички се преиспитују традиционалне методе, а нове проверавају са становишта улоге у побољшању успеха и васпитног деловања математике.

Опште позната је чињеница да већина ученика не показује интересовање за геометрију, а знање те математичке дисциплине се налази на ниском нивоу. О томе поред учитеља, наставника и родитеља, говоре и сами ученици (Давидович Глејзер, 1996, Ђебић, 2006). Праћењем развоја интуитивне способности ученика као врсте способности која му омогућава да манипулишући моделима геометријских фигура реши задате геометријске проблеме или да замисли, представи себи у свести, слику геометријског објекта, бави се све већи број истраживања, па се може закључити да је појму интуиције у настави геометрије неопходно посветити већу пажњу у истраживањима (Ђокић, 2006).

Разноврсне методе рада, активнија улога ученика у наставном процесу, употреба дидактичких материјала и средстава као покретача и стављања у дејство одговарајуће менталне операције која формира одговарајући појам, открива одговарајућу релацију, решава одговарајући проблем, активности су којима треба покушати изазвати већу заинтересованост ученика за геометрију. Потребно је, међутим, имати на уму да свако дидактичко средство и дидактички материјал може само да активише ученикову мисао, али не и да „мисли уместо ученика“, а да су најбољи дидактички материјали они које припремају заједно наставник и ученици, односно сами ученици, према упутствима која добијају од наставника (Првановић, 1970).

Поред традиционално присутних дидактичких материјала и средстава који се користе у настави математике у нашим школама, употреба рачунара и софтвера пружа нове могућности. Образовни софтвер (рачунарски програми који се користе у оквиру садржаја наставе и рачунарски програми који помажу и усмеравају процес наставе и учења) доноси мултимедијалност и интерактивност, а оне код ученика производе заинтересованост, ангажују више чула, већу пажњу и активност, буде интуицију и идеје. Медији попут образовног софтвера траже и промишљеност у поступку обликовања и примене и одговарајућу дозу континуитета са претходним (традиционалним) начином рада (Дебре, 2000). Правци развоја образовног софтвера који се користи кроз садржаје наставе математике или само за подршку настави математике, зависе како од степена развијености софтверских алата тако и од прилагођености наставних тема пројектовању и реализацији образовног софтвера који им је намењен.

2.1 Игра

Развојни потенцијали игре су учавани рано у развоју људског друштва. У савременим схватањима феномен дечје игре истражује се филозофски и теоријски, разноврсним приступима (социолошки, психолошки, педагошки, образовни, медицински, развојни ...). И поред вишестраних интересовања, игра није довољно истражена и о њој се ни у једном од наведених аспеката не може стећи комплетна слика. Игра има значајну улогу у интелектуалном развоју и представља истовремено једну од његових етапа, а логичко мишљење, има своје корене у интуитивном и фантастичном мишљењу какво се среће у игри деце одређених узраста (Каменов, 1989).

Игра је, нарочито у ранијим узрастима, капитални метод учења и развоја личности, јер је игра увек повезана са дечјим потребама и представља њихово специфично задовољење. Деца се сасвим другачије односе према задацима који се постављају у игри него када им се они постављају на други начин. Висока мотивација и активна улога деце у игри, мобилише и усмерава дечју пажњу на предвиђену активност и учи их да се концентришу на проблем или тешкоћу коју треба да реше или савладају. Деца воле игру. Кроз игру уче и проверавају своје знање, савладавајући при томе различите препреке и усклађујући различите активности. Игром постижу развој својих способности и стварају трајне вредности, без обзира на то што се у суштини и не играју због тога, већ да би се играли. (Лучић, 2008)

Игра представља стваралачки чин детета које открива, учи и ствара. Стваралаштво представља игру мисаоним комбинацијама. Игра садржи изванредне формативне могућности и способности које се стичу кроз њу у детињству уграђују се у сложеније способности које ће се развити у старијем узрасту. Игра и развој су међусобно условљени. Развој отвара нове могућности игри, а она помаже његов природан ток. (Каменов, 1989)

2.1.1 Дидактичка игра

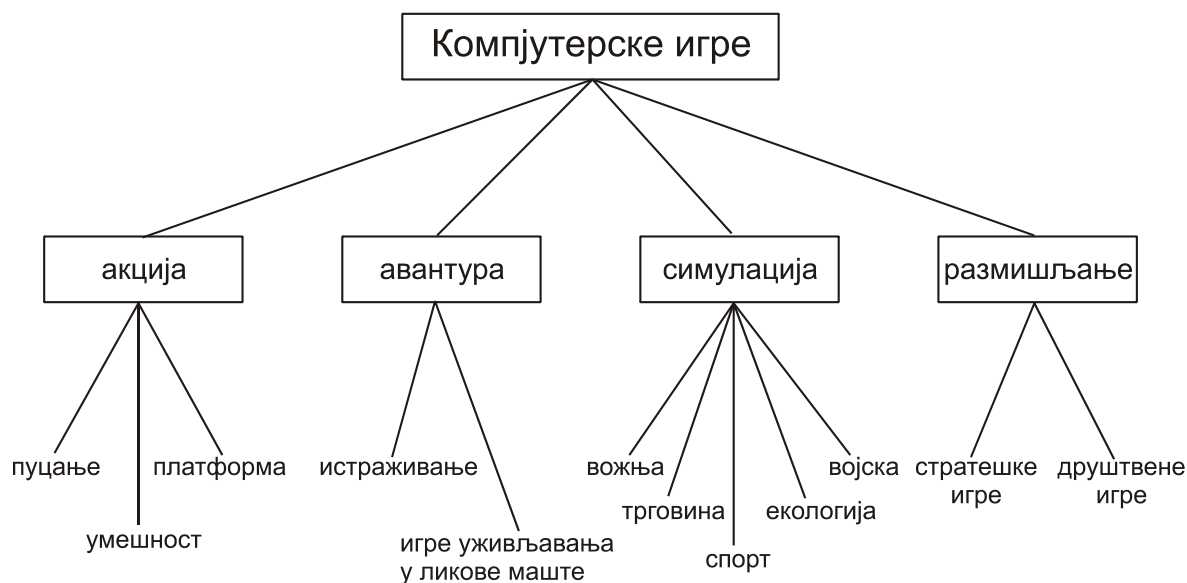
Дидактичке игре поред свих општих својстава игара садрже и интелектуалне активности које помажу интелектуални развој детета. Оне покрећу ученике у жељи да покажу могућности запажања, креације, домишљатости и сналажења. Успех у игри их мотивише за даљи рад, а тешкоће покрећу у њима додатно ангажовање и жељу за успехом. Висока мотивација у игри је основна полуга развојног деловања на интелигенцију. Решавање проблема је средство развијања мишљења. Проблем који образовна игра поставља, подстиче ученика на мисаони процес.

Дидактичка игра у себи осим правила, носи и задатак који представља проблем који треба решити, изазов на који треба одговорити. Правила дидактичке игре стварају услове за више дисциплине коју деца испољавају. Дисциплина у игри не омета оригинално и стваралачко мишљење деце и не спречава импровизације и оригиналне комбинације као конкуренцију правилима и конвенцијама. Како су дидактичке игре производ одраслих намењен деци, у њима је улога одраслог природнија и подразумева партнерску сарадњу и утицање без наметања.

Један од највећих проблема у вези са образовањем и васпитавањем кроз игру манифестује се у моментима када се јави жеља да се игра или култивише и педантизира или по сваку цену стави у корисну функцију, чиме се игра у ствари претвара у усиљене вежбе и пуки продужетак вежбовних активности у настави (Божовић, 2004). Игра је врло сложена активност коју карактерише слобода, добровољно прихватање правила, издвојеност од свакодневног живота, ограниченост у времену и простору, непродуктивност и фиктивност.

2.1.2 Рачунарске игре

Развој мултимедијске и комуникационе компоненте у оквиру напретка персоналних рачунарских платформи вероватно је најбитније утицао на експанзију производње и дистрибуције рачунарских игара, које досежу веома високе размере. Покушаји класификовања рачунарских игара по категоријама (Речицки и Гиртнер, 2002, Jonnson, 2005), показали су да постоји одређени број игара које се не могу сврстати у само једну од група. По својим карактеристикама неке игре могу бити присутне у две или чак више група.



Слика 2.1 Пример класификације рачунарских игара (Речицки и Гиртнер, 2002)

Реакције младих на питање „да ли често играте рачунарске видео-игре?“ су различите. Постоје загриженици (имају колекције и играју много игара, на различитим платформама), заинтересовани (играју ређе, углавном из задовољства или знатижеље), они који само понекад играју и они које рачунарске игре не интересују. На акционе игре се односи највећи број критика упућених рачунарским видео-играма. Проблем насиља се с правом истиче као штетан утицај на развој личности. Претеривање у игрању рачунарских игара уводи играче у ризик од изолованости, повлачења у себе, предугог гледања у екран, седења у неправилном положају ... Ипак, када се изузму екстремни облици игровних активности и самих игара, може се указати на позитивне аспекте рачунарских игара, посебно на део који се односи на област образовања, наставе и учења (Лучић, 2008). Функција рачунарских игара у сврху учења се може сагледавати са више становишта: припреме за будућа учења, стицања нових сазнања и вештина, увежбавања и усавршавања стечених знања и вештина, развоја способности за решавање проблема, тимски рад, комуникативност и креативност (Plass et al., 2014).

2.1.3 Геометрија

Конкретан допринос популаризацији и повећању ефикасности почетне наставе математике може се дати различитим учешћем игре, како кроз наставне садржаје тако и кроз активности које прате наставу, теку упоредо са њом без наглашавања повезаности са наставом. У почетној настави игра-симулација-истраживање случајева, прилагођава путеве и методе сазнања узрасту деце, мотивише, а уједно и развија неопходне способности за стицања знања.



Слика 2.2 Комбинације игре, симулација и истраживања случајева (Петровић и Пинтер, 2006)

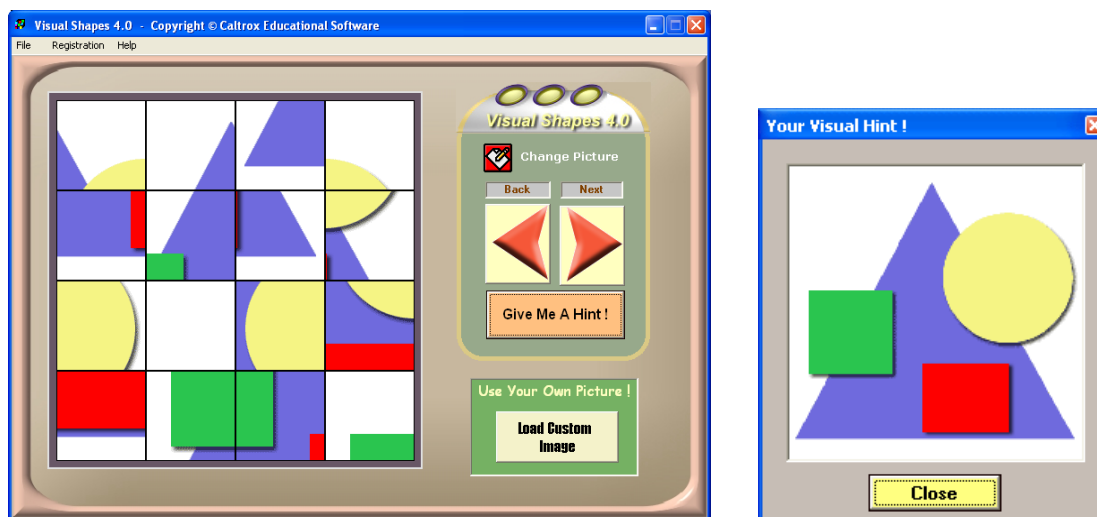
Процес учења геометрије, ученицима намеће проблеме које пре свега треба ментално да реше. Упознавање основних геометријских појмова и способност њиховог каснијег уочавања и повезивања када то захтевају сложенији геометријски проблеми, кључни су за успех ученика у решавању проблема.

Задаци који су везани за различите облике геометријских ликова у равни веома јасно бацају светло на ову проблематику (Department for Education (www.education.gov.uk), 2009). Применом геометријских слагалица у директној или индиректној подршци настави геометрије уводимо метод рада којим ученицима можемо да помогнемо у оспособљавању за превазилажење наведених проблема (Лучић, 2008).

2.1.4 Геометријске слагалице

Неколико примера игара слагалица које ће овде бити представљене, по својим карактеристикама су сличне игри која је описана у овој дисертацији. (Лучић, 2008)

Visual Shapes

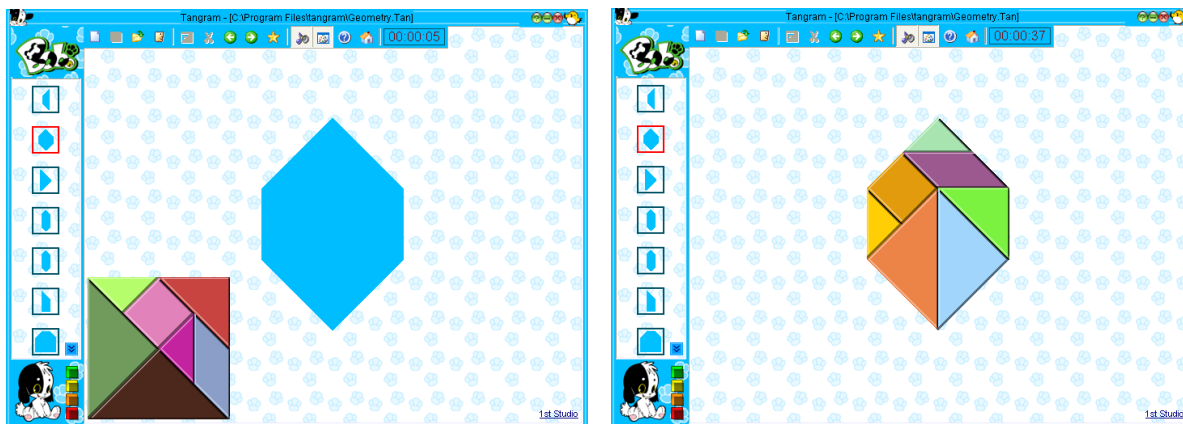


Слика 2.3 Пример *Visual Shapes* задатка и решење

Поред задатака које садржи програм *Visual Shapes*, корисник може и сам да припреми задатак у неком од алата за обраду слика, цртежа или фотографија, или их преузме као датотеку са свог или рачунара са рачунарске мреже.

Tangram Pro

Једна од многобројних софтверских верзија древне кинеске слагалице.

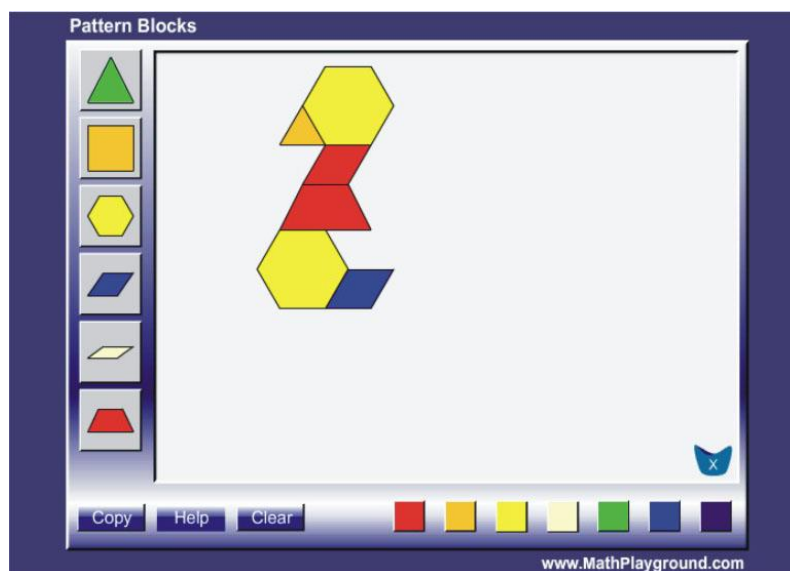


Слика 2.4 Пример *Tangram Pro* задатка и решење

Tangram Pro играчу омогућава и креирање сопствених задатака. Решавање задатака захтева примену више геометријских трансформација подударности над саставним деловима фигура: транслацију, ротацију и осну симетрију.

Pattern Blocks

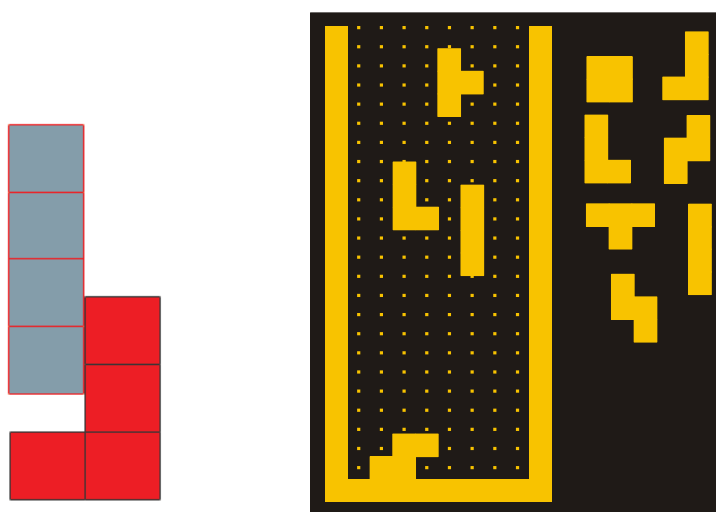
У овом рачунарском програму, израда сложенијих геометријских облика, компоновањем понуђених једноставнијих, представља, како аутори истичу, мало истраживање за играче.



Слика 2.5 Интерфејс *Pattern Blocks*-а

Игра *Pattern Blocks* би могла да буде понуђена најмлађим основцима као забава са задатом темом или слободна. Тема „креирајте птицу“ може се јавити као задата илустрација (Слика 2.5) или само као назив теме. Закупиће децу задатком да помоћу понуђених геометријских облика креирају задати, или лик који за њих представља птицу. Користиће различите геометријске фигуре, а за многе од њих тек у старијем школском узрасту сазнати како се називају. (Лучић, 2008)

Tetris



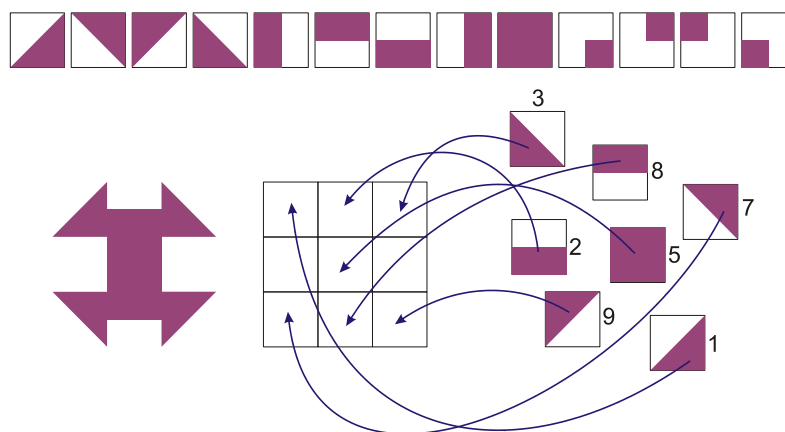
Слика 2.6 Тетрис

Реч је о вероватно најпопуларнијој и најраспрострањенијој логичкој игри свих времена, како се често може прочитати у текстовима посвећеним *TETRIS*-у. Име је добио по томе што користи фигуре састављене од четири квадрата (као што се види на примеру на слици 2.6). Најчешћа варијанта ове игре састоји се од прозора (контејнера) у коме се игра одвија, који је димензија 8x20 поменутих квадратића, са чијег врха основне фигуре „падају“ на дно. Циљ игре је слагати врсте од основних фигура, што се постиже тако што фигуре у току "падања" ка дну играч ротира за по 90 степени (смер казаљке на сату и супротан) и транслира лево-десно, да би „на дну“ заузеле што боље место и што боље се уклопиле у дотадашњи распоред „палих фигура“ - без „шупљина“. Сваки попуњен ред (врста) бива „прогутан“. Не сме се дозволити да се контејнер напуни. Постепено, како играч напредује кроз игру, брзина којом основни елементи падају на дно, повећава се и разбија монотонију игре. То стимулише играча да се боље концентрише и брже реагује.

Играње *TETRIS*-а, на почетним нивоима брзине падања фигура, омогућава поимање веза између геометријских облика, а касније следи развијање брзине комбиновања истих и на тежим (бржим) нивоима.

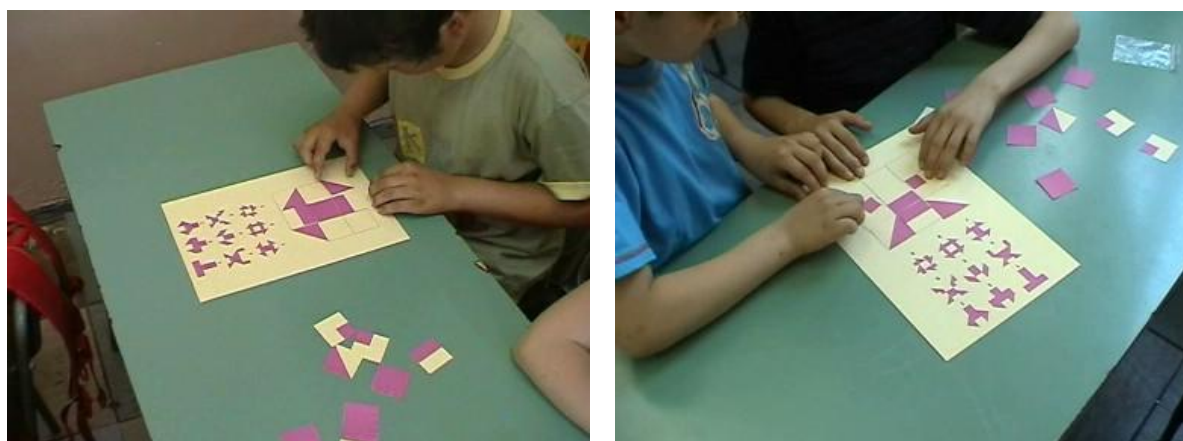
2.2 Луграм

Луграм је игра састављања задатих геометријских фигура. Спада у групу танграма, игара које су идејом и концепцијом сличне древној кинеској слагалици Танграм. Луграм доноси геометријске фигуре-задатке креиране у мрежама 3x3, 5x5 или 7x7 квадрата. У основној верзији игре, задаци су креирани у мрежи 3x3 квадрата. Саставни елементи су квадрати величине јединичног квадрата мреже и садрже геометријске фигуре: троугао, правоугаоник или квадрат (Слика 2.7).



Слика 2.7 Саставни елементи и пример Луграм-задатка

Луграм је осмишљен тако да може да се игра мултимодално. Креиран је као рачунарска игра и игра средствима израђеним најчешће од картона (Слика 2.8). Луграм може бити израђен и од материјала као што су дрвене плоче (нпр. шпер плоча) или од пластике.

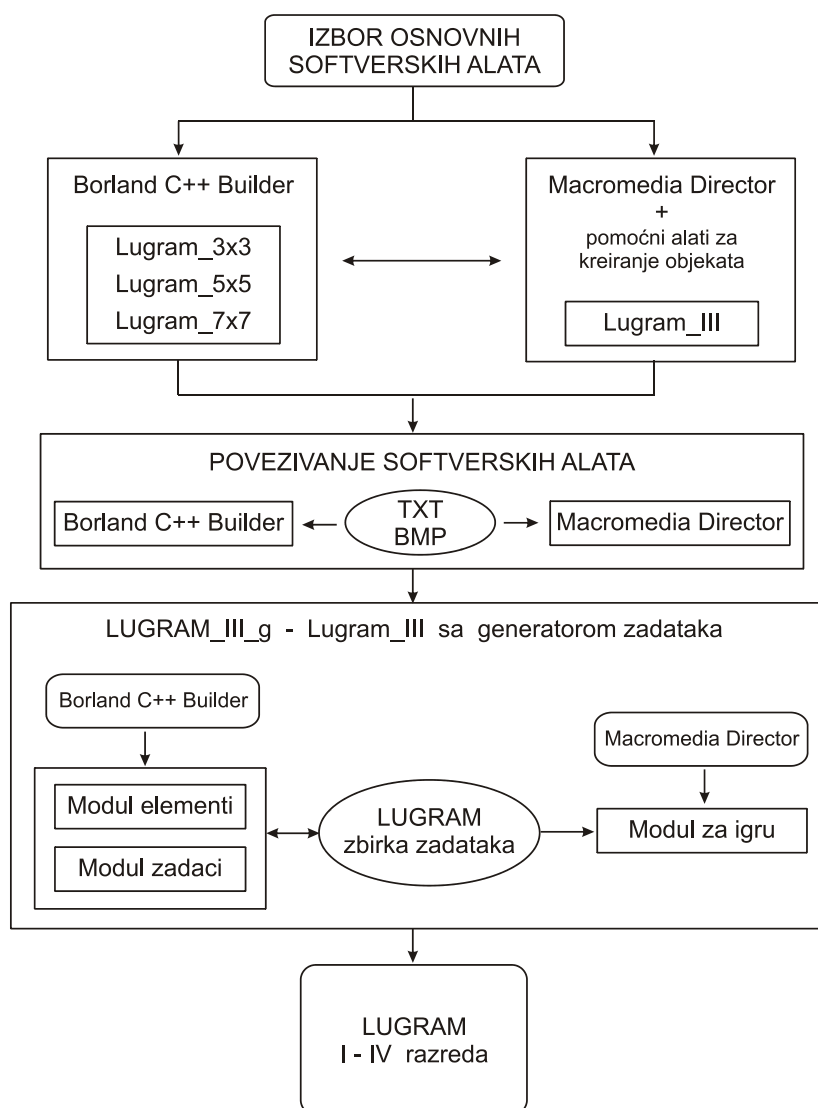


Слика 2.8 Једна поставка задатка „картонског“ Луграма

2.2.1 Софтверске верзије

Прва софтверска верзија Луграма креирана је под оперативним системом *MS DOS*, скромног је графичког интерфејса (16 боја *MS C 6.0* палете, уз резолуцију екрана 640x480 пиксела), без звучних и видео ефеката.

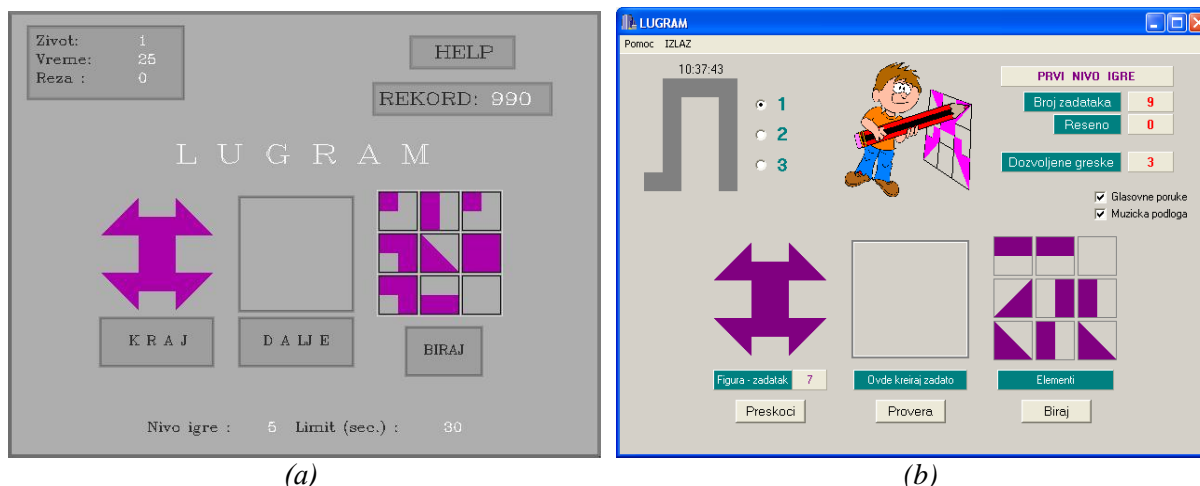
Под оперативним системом *Windows* је развој Луграма настављен употребом неколико софтверских алата (Слика 2.9). Софтверске верзије Луграма од тада располажу аудио/видео прилозима, анимацијама, говорним порукама и упутствима, омогућавајући тако и виши степен интерактивности корисницима.



Слика 2.9 Развој софтверских верзија Луграма под *Windows*-ом (Луџић и Вујновић Седлар, 2009)

Луграм_3x3

Луграм_3x3 је креиран *Borland C++ Builder*-ом, као реконструкција прве софтверске верзије креиране под *MS DOS*-ом.



Слика 2.10 Луграм_3x3 (a - MS C-ом и b - Borland C++ Builder-ом)

У овој верзији Луграма играч решава задатке распоређене на три нивоа сложености игре. Сваки ниво сложености игре садржи по девет фигура-задатака. Саставне елементе програм нуди насумично, у матрици за избор, чији садржај играч може неограничен број пута изнова позвати кликом левог тастера миша када показивач постави на радно дугме „Бирај“. Избор саставног елемента врши постављањем показивача миша на њега и притиском на леви тастер миша (леви клик). Саставни елемент бива обрисан из понуде, а у поље за решавање играч га поставља позиционирањем показивача миша на одговарајућу позицију и поновним притиском на леви тастер. Елементи се у поље за решавање не могу постављати једни преко других (што је случај у првој верзији), већ се претходно постављени елемент мора уклонити постављањем показивача на њега и притиском на десни тастер (десни клик). Када играч процени да је решио задатак, проверава успешност левим кликом на радно дугме „Провера“ и добија повратну информацију од програма. Ако је био успешан добија поруку о успешности, а потом и наредни задатак за решавање. У супротном добија информацију о грешци појавом црвеном линијом уоквиреног саставног елемента који је погрешно постављен.

Понуда саставних елемената је организована тако да, са једне стране, асоцира на матрицу задатка (пошто поље за решавање није издељено на квадрате већ то играч треба да замисли) и тако на одређени начин помаже играчу, а са друге стране појавом већег броја саставних елемената одједном, отежава играчу уочавање саставних елемената који одговарају фигури-задатку.

Број погрешних потеза у игри је ограничен како би стимулисао играча да буде што успешнији. Решавање задатака није временски ограничено.

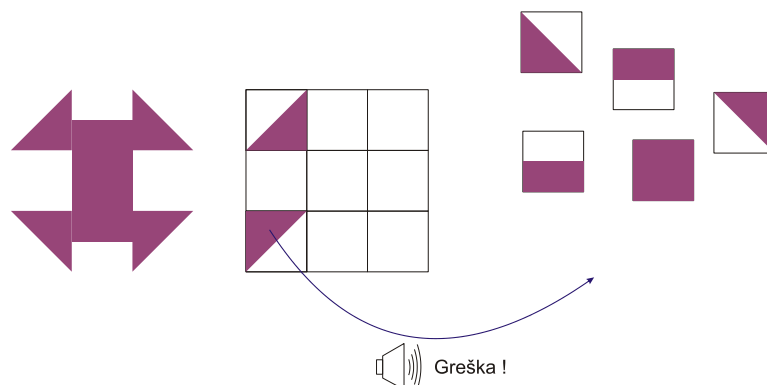
Луграм_III

Софтверска верзија Луграм_III у игру уводи својеврстан „лов“, показивачем миша, на делове за састављање који се крећу у зони бирања. Луграм_III поседује три нивоа сложености игре који садрже по пет фигура-задатака. Са порастом редног броја нивоа у игри, расте и број различитих саставних елемената којима су креирани Луграм-задачи, као и у претходно описаној верзији Луграм_3x3. Луграм_III је креиран употребом *Macromedia Director*-а као основног, уз неколико додатних софтверских алата за припрему илустрација, анимација, звучних и говорних прилога и текста, активних и пасивних објеката на *Stage*-у апликације. (Лучић, 2008)



Слика 2.11 Екран за одабир задатака првог нивоа игре и пример једног задатка

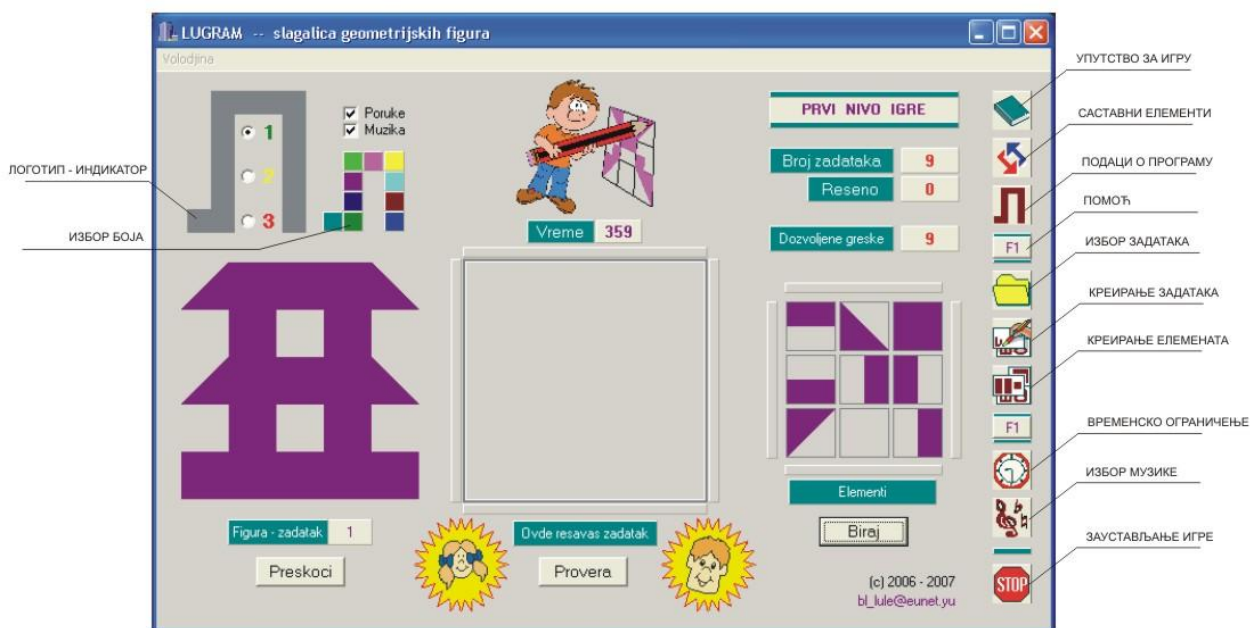
Задатак играча је да позиционира показивач миша на саставни елемент у зони бирања, „ухвати“ га притиском на леви тастер и држећи га притиснутог превуче елемент на одговарајућу позицију у мрежи за решавање. Отпуштањем тастера даје сигнал програму да изврши анализу потеза у игри. У зависности од резултата анализе, програм емитује одговарајући звучни ефекат и/или говорну поруку. У случају погрешног потеза, по систему *Windows*-пасијанса програм враћа саставни елемент у зону за бирање (Слика 2.12).



Слика 2.12 Неуспешан покушај играча и реакција програма

Луграм_5x5

Луграм_5x5 такође карактеришу три нивоа сложености задатака. Креиран је *Borland C++ Builder*-ом, а конципиран по узору на већ описани *Tangram Pro*. Промене у односу на Луграм_3x3 се огледају у ограничењу броја грешака у игри, ограничењу времена за решавање задатка, могућности избора пратеће музичке подлоге, могућности избора боја фигура-задатака, а најважнија промена се одиграла додавањем модула за креирање саставних елемената и креирање задатака.



Слика 2.13 Интерфејс верзије Луграм_5x5

Што се тиче поља за решавање задатка и начина понуде и избора саставних елемената, приступ је остао исти као у верзији Луграм_3x3. Не постоји могућност промене броја нивоа сложености задатака. Број задатака по једном нивоу сложености игре (9 у последњој верзији) није могуће мењати. Број елемената за састављање по нивоу игре, такође је непроменљив (на првом нивоу 10, другом 17, а трећем 29).

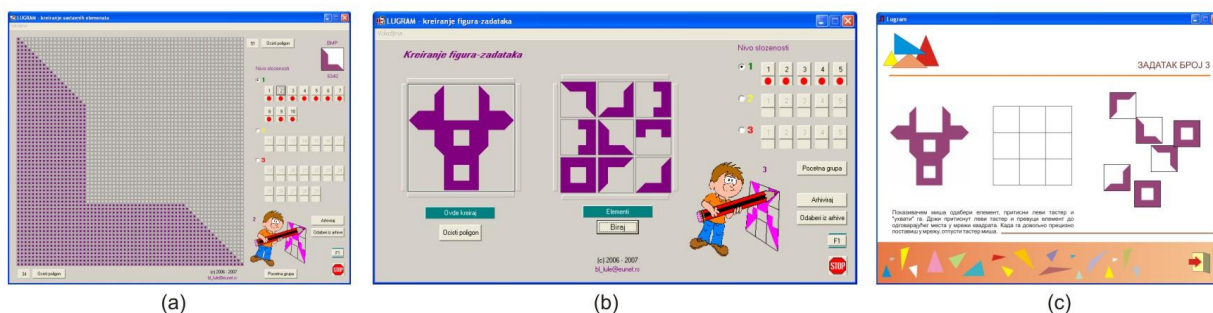
Верзија Луграм_5x5 је послужила на крају као основа за дизајнирање верзије Луграма у матрици 7x7 квадрата која, како се већ може и претпоставити, у себи обухвата обе претходне верзије (3x3 и 5x5).

Увођењем модула за креирање задатака и саставних елемената Луграма постављене су основе за планирање активности даљег развоја софтверског система за ову игру, који би у себи објединио до тада постигнуте резултате развоја и имао основне особине система који поседује способност надоградње у интеракцији са корисницима.

Идејни концепт Луграм ITS-а

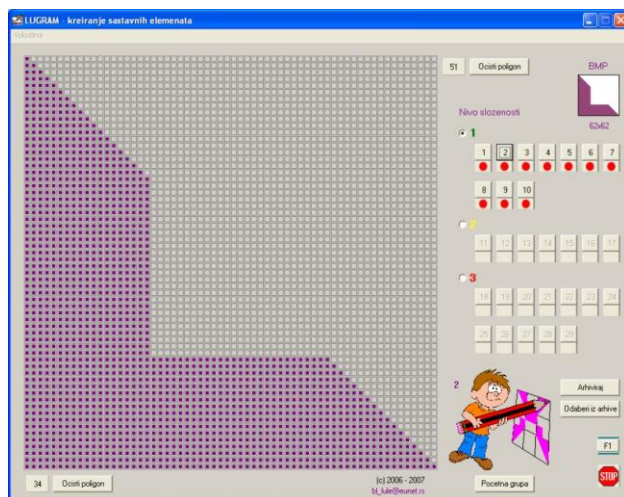
Луграм_III_г

Верзију Луграм_III_г чине три софтверска модула: модул за креирање саставних елемената, модул за креирање задатака и модул за игру (параметризована верзија Луграм_III).



Слика 2.14 Луграм_III_г (a - модул за креирање саставних елемената, b - модул за креирање задатака, c - модул за игру)

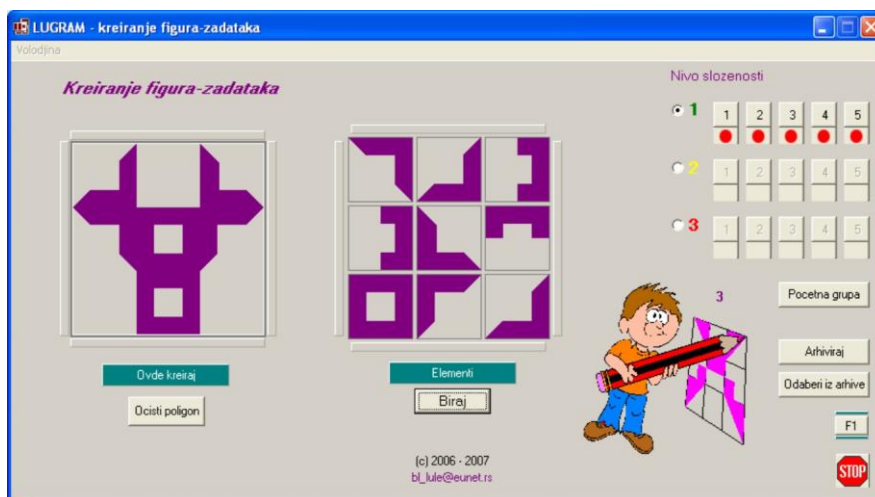
Захваљујући могућностима *Lingo*-а, *script* језика *Macromedia Director*-а (Лучић и Вујновић Седлар, 2009), повезивање модула је остварено датотекама *BMP* формата (носачи кода саставних елемената) и *TXT* формата (носачи кода мреже фигура задатака). Модул за креирање задатака и модул за креирање саставних елемената креирани су употребом *Borland C++ Builder*-а.



Слика 2.15 Интерфејс модула за креирање саставних елемената

По угледу на програме за креирање *Windows* иконица, модул за креирање саставних елемената омогућава креирање саставног елемента у матрици 62x62 квадрата.

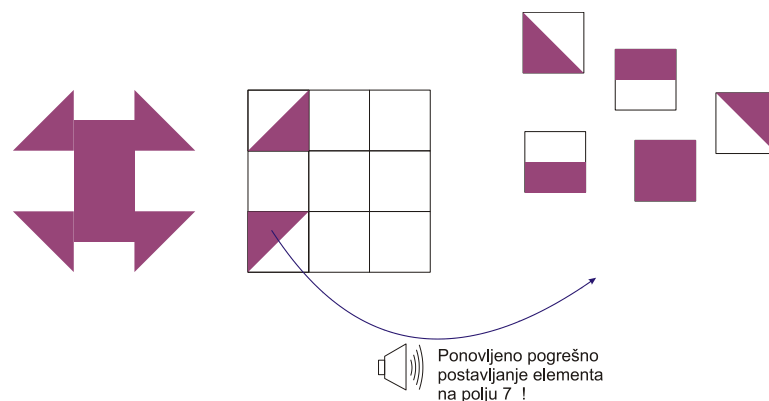
Програм податке записује у бинарну датотеку *C++ Builder*-а и *BMP* датотеку (наведене резолуције, 62x62 пиксела). Приказ садржаја *BMP* датотеке текућег елемента видљив је у горњем десном углу прозора програма (Слика 2.15). Модул за креирање задатака чита бинарне датотеке саставних елемената, а формира *TXT* датотеке са кодом матрице фигура-задатака. Из излазне *TXT* датотеке модула за креирање задатака, модул за игру чита имена *BMP* носача саставних елемената и додељује их својим *Sprite*-овима (*Macromedia Director*).



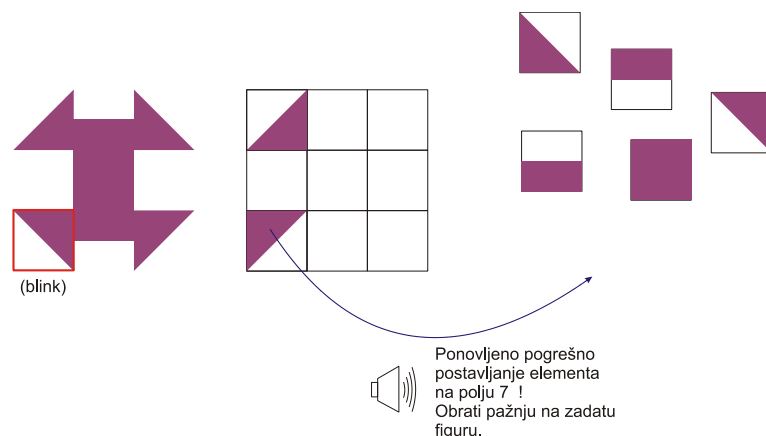
Слика 2.16 Интерфејс модула за креирање задатака

Верзија Луграм_3x3 је искоришћена као основа при обликовању модула за креирање фигура-задатака, уз прилагођење за потребе генератора задатака које је захтевало промену димензије матрице јединичног елемента са 40x40 пиксела на 62x62, како захтевају саставни елементи у модулу за игру у пакету Луграм_III_г.

У модулу за игру је унета измена у односу на верзију Луграм_III, која се огледа у томе што се повратна информација о погрешном потезу играча формира у зависности од броја погрешних потеза које играч направи на истом пољу матрице. У овом случају је тај број погрешних потеза три (Слика 2.17 и Слика 2.18).

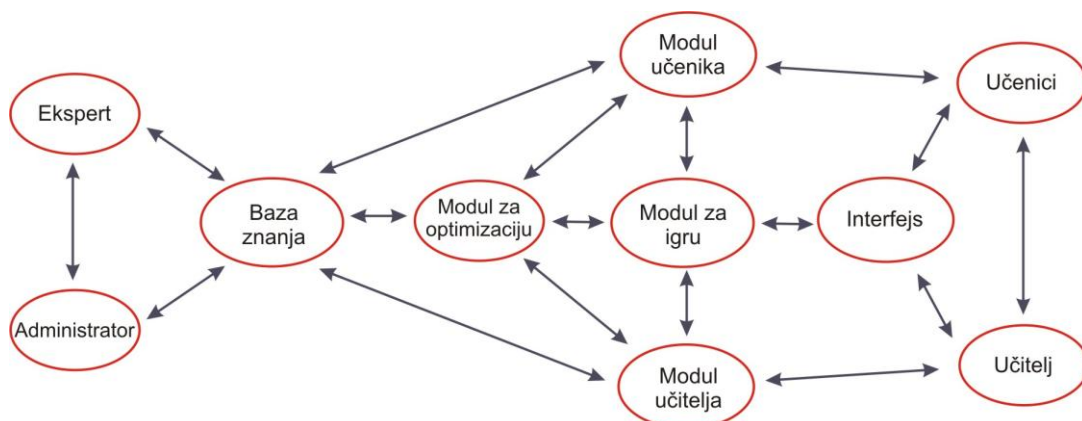


Слика 2.17 Други неуспешан покушај играча и реакција програма



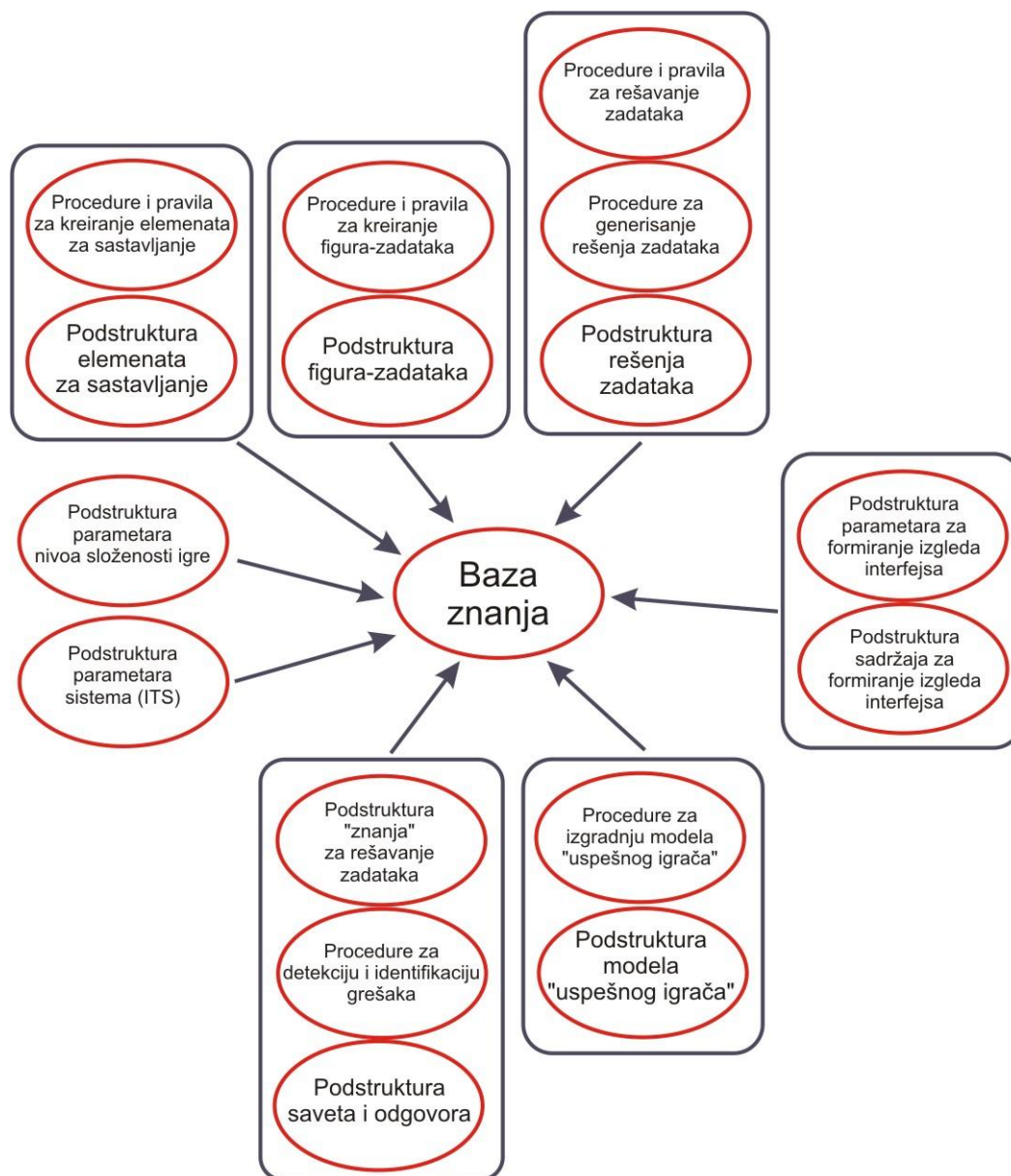
Слика 2.18 Трећи неуспешан покушај играча и реакција програма

Приказана реакција програма (модула за игру) поједностављено илуструје једну из скупа реакција замишљеног Луграм-ITS-а (Интелигентног турског система) који би према идејном концепту требало да функционише по принципу *coaching*-а, односно да прати ток игре и укључује образовни садржај (поруке о грешкама, савете, предлоге, примере и сл.) у тренуцима када се за то укаже потреба или играч то затражи, и на тај начин води играча ка успеху у игри. Предлог концепта се заснива на принципима развоја интелигентних турских система који се базирају на теорији семантичких мрежа. Примењен у школи, Луграм-ITS би на основу припреме задатака од стране наставника, требало да формира одговарајућу стратегију решавања задатака која укључује уочавање и идентификацију грешака на основу чега би била одређена и саветодавна улога Луграм-ITS-а. (Луџић, 2008)



Слика 2.19 Идејни концепт Луграм-ITS-а (Луџић, 2008, Луџић et al., 2015)

Планирано је да се *coaching* система подржи креирањем модела „успешног играча“ у оквиру модула за оптимизацију. Ученик-играч ће кроз игру покушавати да достигне ниво резултата „успешног играча“, а истовремено моћи да упоређује своје са његовим и резултатима осталих ученика-играча који или истовремено играју Луграм или су га играли раније.



Слика 2.20 Идејни концепт базе знања Луграм-ITS-а
(Лучић, 2008, Луčić et al., 2015)

Луграм-ITS би водио журнал о игри ученика путем мониторинга система и мониторинга учитеља. На основу журнала би се касније могле вршити анализе рада ученика. Систем би по захтеву могао да емитује „снимак“ игре свих учесника. (Лучић, 2008)

Луграм_III_г као претходница замишљеном интелигентном туторском систему за игру, пре свега треба да омогући креативну улогу наставницима и ученицима у припреми Луграм-зadataка, а да то не захтева од њих познавање програмерских вештина, ни додатне измене програмског кода апликације од стране аутора или задуженог програмера.

2.3 Школски образовни пројекат Луграм

Луграм је у наставним, и активностима које прате разредну наставу, у основној школи у примени од 2006. године, као подршка настави математике, у оквиру садржаја наставе математике, у оквиру часова предвиђених за слободне активности ученика, а посебно кроз реализацију програма изборног наставног предмета Од играчке до рачунара. Примена у оквиру садржаја изборног наставног предмета Од играчке до рачунара је осмишљена као посебан школски образовни пројекат чији је један од циљева да ученици остваре креативну улогу у оквиру система образовне игре Луграм и допринесу његовом развоју.

Један од изборних наставних предмета понуђених ученицима и њиховим родитељима током прве фазе основношколског образовања је наставни предмет Од играчке до рачунара. Његови програмски садржаји предвиђају и употребу игара типа геометријска слагалица (у пракси је то често Танграм).



Слика 2.21 Луграм_III

Наставни предмет Од играчке до рачунара је могуће бирати у сваком од четири разреда прве фазе образовања у основној школи, па је у плану реализације програма уочена могућност за реализацију активности и задатака предвиђених за образовни пројекат Луграм.

2.3.1 Садржаји пројекта и план реализације

План реализације садржаја образовног пројекта Луграм у потпуности је уклопљен у план и програм изборног предмета Од играчке до рачунара.

- У првом разреду
 - упознавање ученика са Луграмом и играње картонским Луграмом (прво полугодиште),
 - након што ученици упознају опрему школског кабинета за наставу информатике, следи упознавање и коришћење основне софтверске верзије (Луграм_III),
 - коришћење рачунарског програма Квадратура (уз реализацију наставне јединице „Радње мишем“, истовремено и вежба за будућу употребу модула за креирање саставних елемената).
- У другом разреду
 - ученици се поново срећу са картонским Луграмом (у првом полугодишту), али овога пута задаци слагалице садрже метричку отежавајућу околност јер више нису у односу 1:1 са фигуром решењем,
 - у другом полугодишту се ученици играју Луграм_III_online софтверском верзијом, користећи збирке задатака које су креирале генерације ученика које су већ учествовале у реализацији пројекта, и истовремено уче да користе Web апликације и приступ Интернету.
- У трећем разреду
 - ученици се срећу са софтверском верзијом Луграм_3x3 и тако припремају за наредну (завршну) фазу рада у којој треба да користе Луграм_III_г (модул за креирање задатака и модул за креирање саставних елемената).
- У четвртном разреду
 - ученици користе програмски пакет Луграм_III_г,
 - прво користе модул за креирање задатака употребом основне поставке саставних елемената,
 - потом користе и модул за креирање саставних елемената,
 - формирају сопствену збирку Луграм-задатака,
 - збирка се архивира и остаје на располагању наредним генерацијама ученика.

За потребе реализације пројекта, након успешно изведене пилот реализације кроз четворогодишњи циклус у разредној настави, припремљен је радни материјал који је омогућио његову ефикаснију даљу реализацију.

Радни материјал Луграм

Врста медија: штампани и софтверски.

Садржај:

- Картонски комплет за игру
 - подлога са пољем (мрежом квадрата) за решавање задатака
 - исечени (или предвиђени за сечење) елементи за састављање фигура-задатака
- Радна свеска
 - опис игре
 - упутства за рад
 - илустрације из примене у наставној пракси
 - збирке задатака
- *CD* (или Интернет адресе за преузимање софтверских верзија)
 - упутства за инсталирање и коришћење програма
 - инсталациони програми рачунарских верзија игре

Циљеви које се желе постићи применом радног материјала Луграм:

- користити разноврсне наставне медије и средства у настави,
- користити рачунаре и образовни софтвер у настави,
- учинити математичко образовање основаца интересантнијим,
- мотивисати ученике и подићи ниво постигнућа у учењу геометрије,
- указати на могућности које пружа употреба образовне игре у наставним садржајима и као подршка настави,
- активна улога ученика у процесу припреме и примене наставних медија/материјала,
- омогућити ученицима да буду и креатори наставних медија/материјала и средстава,
- остварити сарадњу актера наставног процеса (тимски рад),
- омогућити коришћење наставног материјала ученицима различитих способности,
- допринети инклузији деце са инвалидитетом у образовни систем.

Ужа циљна група: ученици и наставници I-IV разреда основних школа.

Период употребе: четири школске године (I-IV разреда).

Наставни предмет: изборни наставни предмет Од играчке до рачунара,
обавезни наставни предмет Математика

Корелација: наставни предмети Математика и Ликовна култура.

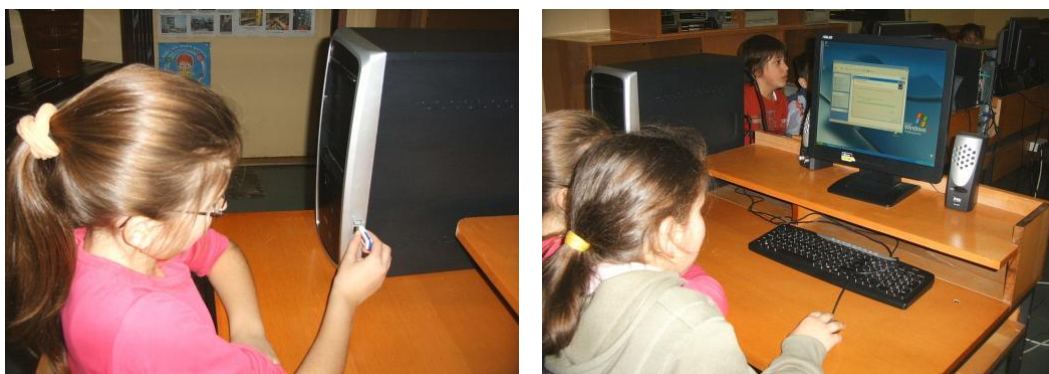
Место реализације и потребна средства: учионица за извођење разредне наставе, картонски комплет за игру, кабинет и рачунарска опрема кабинета за наставу информатике.

2.3.2 Реализација

У ОШ „20. октобар“ у Сивцу је школске 2006/07. године започета реализација пилот пројекта Луграм.



Слика 2.22 Картонски Луграм - примена у првом разреду (2006/07.)



Слика 2.23 Инсталирање Луграм_III_г (IV разред, 2009/10.)



Слика 2.24 Креирање задатка и изглед задатка у модулу за игру (2009/10.)

Пилот Луграм-циклом се дошло до значајних повратних информација, посебно по питању рада са ученицима првог разреда.

Ученици су на крају реализације пројекта, школске 2009/10. године креирали збирку Луграм-задатака. Задатке су креирали употребом основне поставке саставних елемената. Збирка задатака је доступна као једна од Луграм_III_online верзија (Слика 2.25), а такође и за преузимање као додатак за програмски пакет Луграм_III_г. (Лучић Б. и Лучић С., 2010,2012)



Слика 2.25 Луграм_III_online (www.lugram.net/lugram_online.html)

Успешност реализације пилот пројекта, заинтересованост и мотивисаност ученика и резултат у виду збирке задатака коју су самосталним радом креирали ученици, мотивисали су на наставак рада у наредном четворогодишњем периоду (2010/11. - 2013/14. шк.г.).



Слика 2.26 Картонски комплет предвиђен за употребу у I и II разреду

Рачунарски програм Квадратура

Модификацијом модула за креирање саставних елемената (програмски пакет Луграм_III_г) настао је програм Квадратура, који је иницијално био намењен настави математике у IV разреду и припремама ученика за коришћење Луграм_III_г.



Слика 2.27 Квадратура - *full screen* варијанта - мрежа 10x10 квадрата

Наставна пракса је, међутим, у оквиру наставне теме „Предмети у простору и односи међу њима“, наставне јединице „Речи које означавају положај предмета“ (горе, доле, лево, десно ... између ... испред, иза, ... испод, изнад) (Слика 2.28), показала да је Квадратура погодна за рад већ са првацима.



Слика 2.28 Први разред - наставна јединица „Речи које означавају положај предмета“ - учионица првог разреда (2010/11.)

И у оквиру изборног предмета Од играчке до рачунара, са применом Квадратуре као делом пројекта Луграм, такође се започело у првом разреду.



Слика 2.29 Први разред - Квадратура - наставна јединица „Радње мишем“
(кабинет за наставу информатике (2010/11.))

Реализација пилот пројекта Луграм је показала да његов садржај одговара периоду образовања које се одвија кроз разредну наставу. Примерен је и прилагодљив узрасту и способностима ученика. Рад у оквиру изборног наставног предмета Од играчке до рачунара није и једини начин за његову реализацију. Он се може реализовати и кроз део фонда часова слободних активности ученика, часова Математике и часова Ликовне културе. Учитељи га могу реализовати и у краћем периоду, и у току једне школске године (четврти разред). Реализација пројекта је успешно настављена и након опремања основних школа „дигиталним кабинетима“ (Слике 2.30 - 2.33).



Слика 2.30 Први разред - Луграм_III - картонски и софтверски (2010/11.)



Слика 2.31 Други разред - картонски и Луграм_III_online (2011/12.)



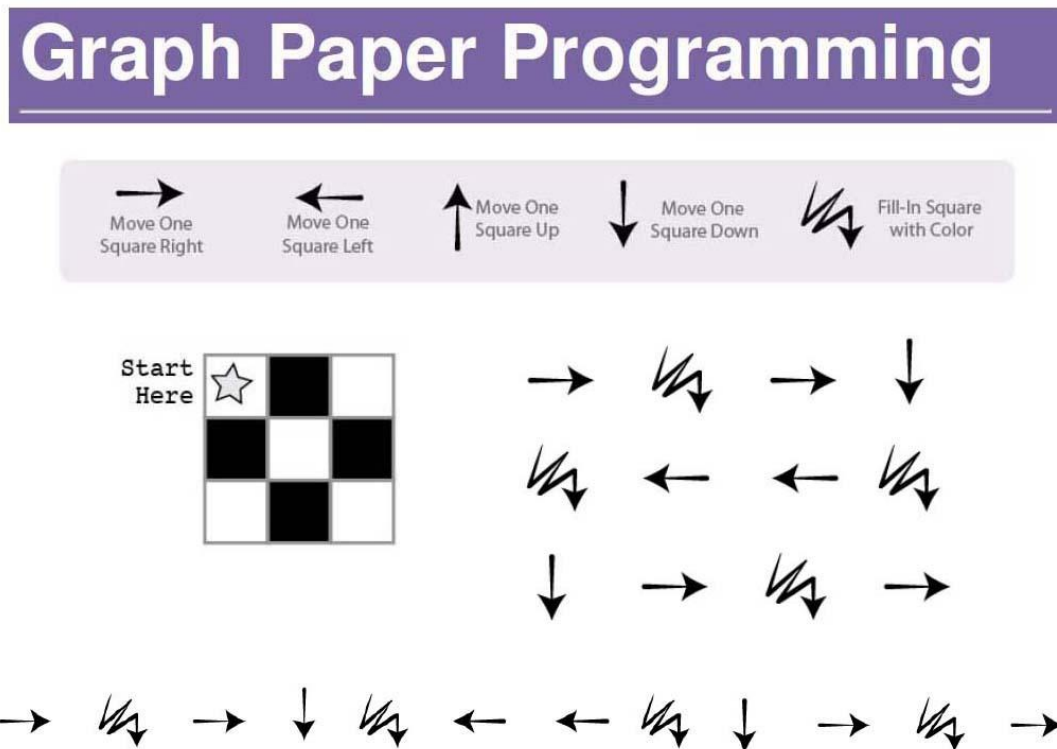
Слика 2.32 Трећи разред - Луграм_3x3 (2012/13.)



Слика 2.33 Четврти разред - Луграм_III_г (шк. 2013/14.)

Луграм на *Graph Paper Programming* начин

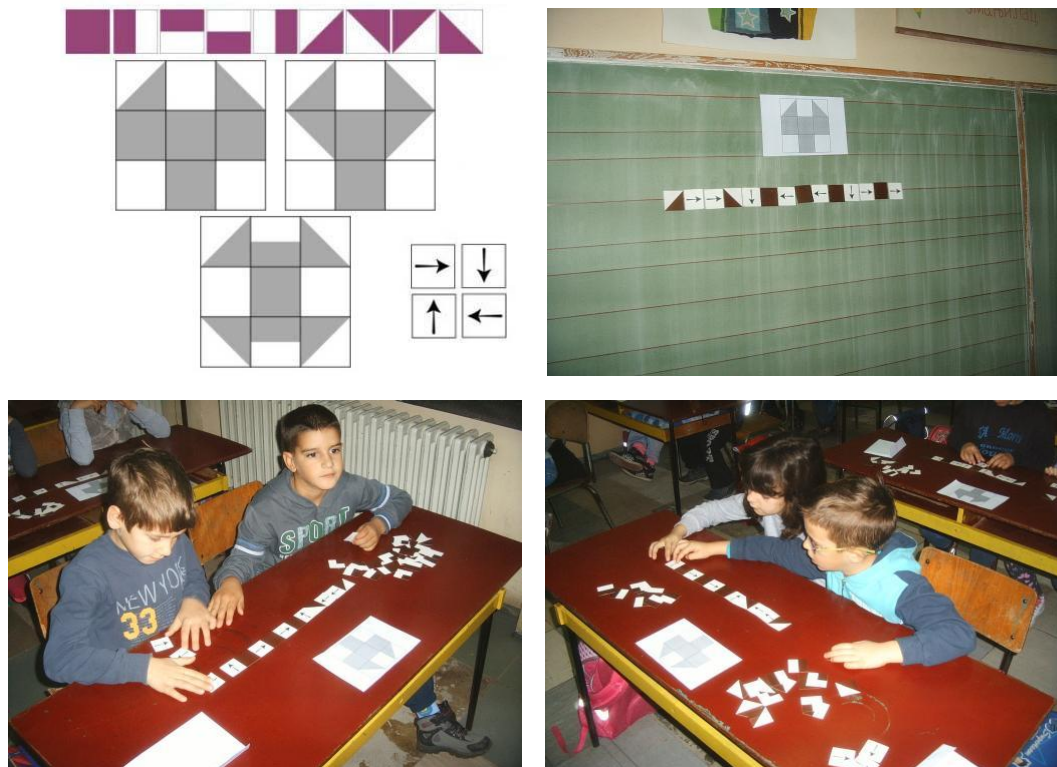
За ученике одељења I-4 ОШ „20. октобар“ из Сивца, који су се у оквиру Европске недеље програмирања (шк. 2014/15.) бавили *Graph Paper Programming*-ом, након првог сусрета са картонским Луграмом, организовано је играње Луграм-алгоритмом (*Луграмирање*) по правилима *Graph Paper Programming*-а.



Слика 2.34 *Graph Paper Programming* - демонстрација

Ученике је са начином решавања Луграм задатка по принципима *Graph Paper Programming*-а, упозао учитељ решавајући први задатак. Потом су заједно са учитељем решавали други задатак, да би затим ученици успешно самостално формирали Луграм-алгоритам трећег задатка. Успешно су извршили и задатак супротан претходним - протумачили су задати Луграм-алгоритам и креирали Луграм-фигуру која је њиме била представљена.

Овај огледни час је показао да ученици тог узраста могу успешно да се баве креирањем и тумачењем композиције сложеног геометријског лика, представљене на описани алгоритамски начин, употребом одговарајућег броја симбола и саставних елемената. У образовни пројекат Луграм је на овај начин уведена нова, интересантна активност, и уврштена у редовне активности у оквиру његове реализације у школи.



Слика 2.35 Лутрам и симболи *Graph Paper Programming*-а, демонстрација алгоритма првог задатка и рад ученика



Слика 2.36 Решавање другог задатка



Слика 2.37 Трећи задатак - самосталан рад ученика



Слика 2.38 Читање задатог Луграм-алгоритма

2.3.3 Примена резултата пројекта

Збирке Луграм-задатака, као резултат планског и систематског рада на оспособљавању ученика за самосталан креативан рад, представљају пример софтверског наставног материјала створеног ангажовањем сопствених развојних потенцијала школе (Лучић Б. и Лучић С., 2010, 2012). Збирка ученичких Луграм-задатака је примењена и у истраживању којим је испитивано постоји ли утицај Луграма на побољшање постигнућа ученика у учењу геометрије.

Циљеви и задаци истраживања

Циљ истраживања је био испитивање постоји ли утицај Луграма на повишење ефеката учења геометрије у разредној настави.

Задаци истраживања:

- припрема картонских средстава за игру, рачунара и софтвера,
- обука ученика за коришћење припремљених средстава и медија,
- обука учитеља експерименталне групе за коришћење припремљених средстава и медија,
- сарадња учитеља експерименталне групе и наставника информатике,
- утврђивање да ли постоји статистички значајна разлика у успеху на финалном испитивању знања из геометрије између експерименталне и контролне групе.

Хипотезе у истраживању

Пошло се од следећих радних хипотеза:

1. Претпоставља се да ће постојати значајна разлика између експерименталне и контролне групе у успешности решавања задатака на финалном испитивању.
2. Могуће је да се пораст успешности експерименталне групе на финалном тесту, може приписати експерименталном фактору.

Променљиве у истраживању

Независну променљиву у истраживању представљала је образовна игра Луграм, а зависну успех ученика на финалној провери знања. Контролну променљиву у истраживању представљао је успех (закључена оцена) ученика из математике на крају првог полугодишта трећег разреда.

Методе истраживања

Истраживање је организовано као експериментална провера и верификација хипотеза, уз примену метода теоријске анализе и статистичке обраде и анализе добијених података. Примењена је метода експеримента са паралелним групама. Методом експеримента се утврђивало да ли и колико уведени експериментални фактор утиче на то да ученици који су играли образовну игру у периоду извођења наставе одређене наставне теме, имају више успеха у учењу од ученика чију наставу на исту наставну тему није паралелно пратила примена образовне игре. Такође, метода експеримента са паралелним групама је употребљена и у оквиру саме примарне експерименталне групе, формирањем експерименталне и контролне подгрупе на основу врсте медија којим је примењен експериментални фактор.

Технике и инструменти истраживања

Прикупљање података је обављено тестирањем, и из школских књига евиденције (дневника рада). При састављању задатака који су се користили у инструментима за испитивање знања из геометрије вођено је рачуна о:

- области у којој се проверава успешност (геометрија),
- броју задатака у тестовима,
- усклађености тежине задатака са тежином садржаја који се проверава,
- вредновању задатка у складу са сложености захтева у задатку.

Инструменти истраживања

Задаци објективног типа за проверу знања из математике су састављени на основу одобреног уџбеника и радног листа за трећи разред основне школе. Задаци иницијалног испитивања су сачињени на основу садржаја из математике (област геометрија) наставног градива другог полугодишта школске године, пре почетка експеримента. Задаци за финално испитивање су формирано из области геометрије везане за експериментални период. Задатке је припремио аутор истраживања у сарадњи са учитељима. Како је реч о нестандартним тестовима за испитивање знања из математике из области геометрије, тестови су више пута подвргнути пилот тестирањима са одељењима трећег разреда. Пилот тестирања су рађена како би се испитала тежинска структура и број предвиђених задатака у тестовима, а такође и начин вредновања задатака. Тестови су након тога успешно коришћени као инструмент истраживања у истраживању организованом на узорку од 89 ученика (четири одељења) трећег разреда (Лучић, 2008).

Популација и узорак

Узорак истраживања организованог у мају 2010. године је обухватио 179 ученика трећег разреда основних школа из Сивца (ОШ „20. октобар“) и Сомбора (ОШ „Иво Лола Рибар“ и ОШ „Никола Вукићевић“). Експерименталну (Е) и контролну (К) групу чинила су по четири одељења III разреда. Експериментална група ученика се током наставне недеље у оквиру које је обрађивана наставна тема Троугао, играла Луграмом. Луграм је у два одељења експерименталне групе коришћен само у картонској изведби, а у друга два само у софтверској верзији.

Структура узорка

Примарном поделом узорак је подељен на експерименталну (Е) (90 ученика) и контролну (К) (89 ученика) групу. Експериментална група је посматрана као посебан узорак који су чиниле подгрупа (КА) која је користила само картонску верзију слагалице (40 ученика) и подгрупа (SW) која је користила софтверску верзију (50 ученика).

Табела 2.1 Структура целокупног узорка ученика према успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА (Е) ГРУПА

	Број	%
5	39	43,33
4	29	32,22
3	13	14,45
2	9	10,00
1	-	-

КОНТРОЛНА (К) ГРУПА

	Број	%
5	43	48,31
4	24	26,97
3	17	19,10
2	3	3,37
1	2	2,25

Табела 2.2 Структура подузорка ученика према успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда

ГРУПА (SW) СОФТВЕР

	Број	%
5	24	48,00
4	14	28,00
3	8	16,00
2	4	8,00
1	-	-

ГРУПА (КА) КАРТОН

	Број	%
5	15	37,50
4	15	37,50
3	5	12,5
2	5	12,5
1	-	-

Статистичка обрада података

Провера знања је вршена иницијалним (IT) и финалним (FT) тестом од по осам задатака објективног типа. Утврђивање постојања разлике у постигнутим резултатима група вршено је *t*-тестом (просечан број бодова (аритметичке средине - AS) које су ученици остварили по задацима).

Утицај деловања експерименталног фактора (образовне игре Луграм) на пораст успеха експерименталне групе у односу на контролну, утврђиван је анализом варијансе (анализа успеха ученика експерименталне групе на иницијалном и финалном тесту, у односу на њихов успех из наставног предмета математика (MAT) на крају првог полугодишта трећег разреда). Статистичка обрада података је вршена употребом *MS Excel*-а и програмског пакета *SPSS for Windows (Release 10.0.7, Standard version)*. Резултати су упоређивани са табличним вредностима са прагом значајности $\alpha = 0,05$.

Резултати статистичке обраде података приказани су завршним табелама за резултате *t*-теста и табеле анализе варијансе (Шпановић, 2000, Лучић, 2008):

<i>t</i> -тест	n E	AS E	SD E	n K	AS K	SD K	df	t-value	p

Анализа варијансе

Сума квад. између	df између	Варијанса између	Сума квад. унутар	df унутар	Варијанса унутар	F	p

Организација и ток истраживања

Постојећи наставни план (број часова и наставне јединице) предвиђен за обраду наставне теме Троугао, није мењан за потребе истраживања, а ученици су се Луграмом играли на два школска часа слободних активности, паралелно током наставне недеље у којој су одржани часови математике на којима је на стандардан, планом и припремама наставника предвиђен начин, обрађивана наставна тема Троугао и у експерименталној и у контролној групи. Припреме за истраживање су подразумевале очување природне, уобичајене атмосфере у школама и потпуну уклопљеност истраживачких активности и употребљених инструмената у већ планиране активности у настави.

Планирањем и припремама истраживања је минимизирано дејство паразитарних фактора на деловање експерименталног фактора, пре свега на доступност информација о истраживању ученицима и доступност експерименталног фактора ученицима и наставницима контролне групе.

Иницијално стање: полазно стање у процесу уједначавања група.

Уношење експерименталног фактора: наставни рад у складу са припремљеним садржајима (исти број наставних часова геометрије за контролну и експерименталну групу, у исто време). Експеримент обухвата наставну тему „Троугао“ са припадајућим наставним јединицама.

Финално стање: испитивање знања ученика након завршеног експерименталног периода (задачи објективног типа) треба да утврди исход учења у виду успеха.

Основа за експериментални програм:

- важећи наставни програм математике за III разред основне школе,
- изабрани уџбеник за III разред основне школе,
- изабрани радни листови из математике за III разред основне школе,
- припремљени садржаји образовне игре и софтвера.

Експериментом је обухваћена наставна тема „Троугао“ са следећим садржајима:

- Троугао, странице троугла и углови троугла
- Цртање троугла
- Обим троугла

Планирана дидактичка наставна средства и медији: уџбеник, радни лист, графофолије, зидне слике, штампане апликације, лењири ... коришћена су у традиционалном начину рада и у контролној групи и у експерименталној групи.

Годишњим оперативним планом рада наставника у трећим разредима основних школа у којима је истраживање организовано, наставне јединице о троуглу су биле предвиђене за обраду у другом полугодишту (у мају школске 2009/10 године):

- Троугао, странице троугла и углови троугла (обрада)
- Цртање троугла (обрада)
- Троугао и цртање троугла (утврђивање и вежба)
- Обим троугла (обрада и вежба)
- Троугао (писана вежба - провера)

Наведеном фонду часова прикључена су два часа слободних активности. Тако је експериментом обухваћено седам наставних часова додајући томе и час потребан за иницијални тест знања из геометрије. Финално испитивање знања је обављено на часу предвиђеном за проверу знања на крају обраде наставне теме Троугао.



Слика 2.39 Картонски Луграм - примена током експерименталног периода



Слика 2.40 Луграм_III_online - примена током експерименталног периода

Анализа резултата истраживања

Иницијална испитивања и уједначавање група

Групе су биле уједначене по успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и након иницијалног испитивања знања.

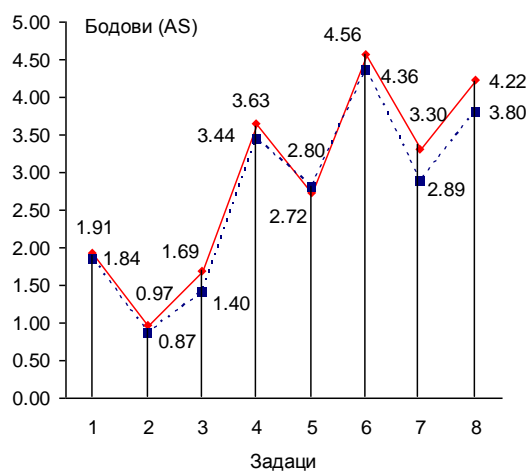
Табела 2.3 *t*-тест: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда у Е и К групи

	n E	AS E	SD E	n K	AS K	SD K	df	t-value	p
MAT	90	4,09	0,99	89	4,16	1,00	177	0,46	0,65

Не постоји статистички значајна разлика између експерименталне и контролне групе у успеху из математике исказаном закљученом оценом на крају првог полугодишта трећег разреда ($t_{177} < t_{177,\alpha} = 1,97$; $\alpha = 0,05$).

Табела 2.4 Резултати иницијалног испитивања знања из геометрије ученика у Е и К групи, задацима објективног типа

Задатак	Макс. број бодова	Е - група	К - група
		AS	AS
1.	2	1,91	1,84
2.	1	0,97	0,87
3.	2	1,69	1,40
4.	5	3,63	3,44
5.	3	2,72	2,80
6.	5	4,56	4,36
7.	5	3,30	2,89
8.	8	4,22	3,80



Графикон 2.1 Резултати група на иницијалном испитивању знања

Табела 2.5 *t*-тест: ниво знања из геометрије у Е и К групи на иницијалном тесту задацима објективног типа

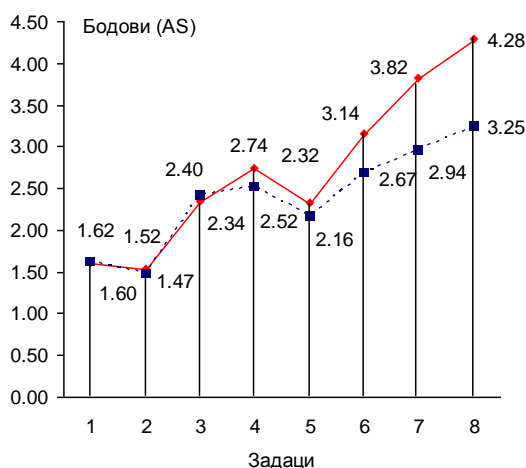
	n E	AS E	SD E	n K	AS K	SD K	df	t-value	p
IT	90	23,00	6,63	89	21,39	6,43	177	1,65	0,10

Резултати приказани у Табели 2.5 показују да нема статистички значајне разлике у постигнутом успеху израженом бројем освојених бодова на тесту, између експерименталне и контролне групе ученика, на иницијалном испитивању знања из геометрије ($t_{177} < t_{177,\alpha} = 1,97$; $\alpha = 0,05$).

Анализа резултата финалног испитивања знања

Табела 2.6 Резултати финалног испитивања знања из геометрије ученика у Е и К групи, задацима објективног типа

Задатак	Макс. број бодова	Е - група	К - група
		AS	AS
1.	2	1,60	1,62
2.	2	1,52	1,47
3.	3	2,34	2,40
4.	4	2,74	2,52
5.	3	2,32	2,16
6.	4	3,14	2,67
7.	5	3,82	2,94
8.	8	4,28	3,25



Графикон 2.2 Резултати финалног испитивања знања

Табела 2.7 *t*-тест: ниво знања из геометрије у Е и К групи на финалном тесту задацима објективног типа

	n Е	AS Е	SD Е	n К	AS К	SD К	df	t-value	p
FT	90	21,78	7,48	89	19,03	8,45	177	2,30	0,02

Уочава се постојање статистички значајне разлике у постигнутом успеху израженом бројем освојених бодова на финалном испитивању знања из геометрије, у корист експерименталне групе ученика, ($t_{177} > t_{177,\alpha} = 1,97$; $\alpha = 0,05$).

Да ли се исказани пораст успеха експерименталне групе у односу на контролну могао приписати експерименталном фактору? Ако се узму у обзир све околности под којима се експеримент одвијао, уочава се дуже присуство геометријских садржаја у активностима експерименталне групе, иако они у том продуженом присуству нису наставног карактера већ су присутни кроз игру као аутономну активност која је текла паралелно са процесом наставе. Имајући у виду претходну констатацију, извршена је анализа резултата ученика експерименталне групе у односу на њихов успех из наставног предмета математика исказан закљученом оценом на крају првог полугодишта трећег разреда.

Анализа резултата испитивања знања у експерименталној групи по категоријама ученика

Табела 2.8 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања

Сума квад. између	df између	Варијанса између	Сума квад. унутар	df унутар	Варијанса унутар	F	p
1760,19	3	586,73	2155,81	86	25,07	23,41	0,00

(За критичну вредност F количника, $F_{(3,86;0,05)}=2,68$)

Табела 2.9 *Scheffe test*: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања

Оцена	5		4		3		2	
	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p
5								
4	5,07	0,00						
3	8,21	0,00	3,14	0,32				
2	13,87	0,00	8,80	0,00	5,67	0,09		

Post hoc Scheffe тест обављен уз анализу варијансе показује да постоји значајна разлика у успеху постигнутом на иницијалном тесту знања у подгрупама ученика експерименталне групе посматраним у односу на закључену оцену из математике на крају првог полугодишта трећег разреда. *Post hoc Scheffe* тест показује да је довољно диференцирање задатака на три нивоа тежине у инструментима за испитивање знања.

Табела 2.10 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања

Сума квад. између	df између	Варијанса између	Сума квад. унутар	df унутар	Варијанса унутар	F	p
1974,18	3	658,06	3011,38	86	35,02	18,79	0,00

(За критичну вредност F количника, $F_{(3,86;0,05)}=2,68$)

Табела 2.11 *Scheffe test*: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања

Оцена	5		4		3		2	
	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p
5								
4	4,50	0,03						
3	9,82	0,00	5,32	0,07				
2	14,05	0,00	9,55	0,00	4,23	0,44		

Post hoc Scheffe тест показује да постоји значајна разлика у успеху постигнутом на финалној провери знања у подгрупама ученика експерименталне групе посматраним у односу на закључену оцену из математике на крају првог полугодишта трећег разреда. Распоред показатеља је по исказаној значајности задржао структуру која је постојала приликом иницијалне провере знања.

Анализа резултата показује да је група ученика која се играла Луграмом паралелно током периода похађања, на уобичајен (традиционалан) начин организоване наставе геометрије, остварила бољи резултат, на нивоу статистичке значајности, од групе ученика која се у том периоду није играла геометријском слагалицом. Дужа изложеност експерименталне групе контакту са елементима геометрије кроз ненаставни рад (игру) могла се у одређеној мери окарактерисати и као паразитарни фактор. Постигнути резултат се под теретом тог запажања узима као статистички значајан, као и прихватање постављене хипотезе којим се потврђује да је управо утицај Луграма изазвао насталу разлику у успеху у корист експерименталне групе.

Анализа резултата подузорка по подгрупама формираним на основу врсте медија којим је примењен експериментални фактор

У оквиру експерименталне групе су формиране две подгрупе на основу врсте медија који су користиле да би играле Луграм. Тако је елиминисана разлика у трајању изложености група бављењу геометријом (и ненаставно) која постоји у примарној подели узорка. Два одељења (подгрупа SW, ОШ „И.Л. Рибар“ Сомбор) су користила само софтверску верзију, а друга два (подгрупа КА, ОШ „20. октобар“ Сивац) се играла само картонским Луграмом.

Иницијална уједначеност подгрупа

Подгрупе су биле уједначене по успеху из математике на крају првог полугодишта трећег разреда, а и на иницијалном испитивању знања.

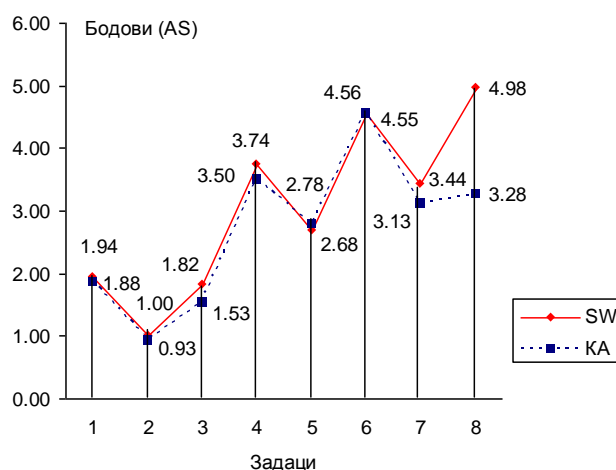
Табела 2.12 *t*-тест: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда у SW и КА групи

	n SW	AS SW	SD SW	n КА	AS КА	SD КА	df	t-value	p
МАТ	50	4,16	0,98	40	4,02	1,02	88	0,64	0,83

Подаци из *Табеле 2.12* показују да не постоји статистички значајна разлика подгрупа у успеху из математике исказаном закљученом оценом на крају првог полугодишта трећег разреда ($t_{88} < t_{88,\alpha} = 1,99$; $\alpha = 0,05$).

Табела 2.13 Резултати иницијалног испитивања знања из геометрије ученика у SW и KA групи, задацима објективног типа

Задатак	Макс. број бодова	SW - подгрупа	KA - подгрупа
		AS	AS
1.	2	1,94	1,88
2.	1	1,00	0,93
3.	2	1,82	1,53
4.	5	3,74	3,50
5.	3	2,68	2,78
6.	5	4,56	4,55
7.	5	3,44	3,13
8.	8	4,98	3,28



Графикон 2.3 Резултати подгрупа на иницијалном испитивању знања

Табела 2.14 *t*-тест: ниво знања из геометрије у SW и KA групи на иницијалном тесту задацима објективног типа

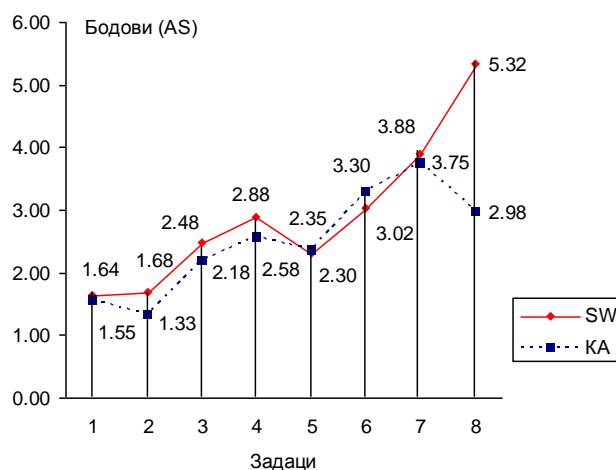
	n SW	AS SW	SD SW	n KA	AS KA	SD KA	df	t-value	p
IT	50	24,16	6,81	40	21,55	6,19	88	1,88	0,06

Не постоји статистички значајна разлика у постигнутом успеху израженом бројем освојених бодова на иницијалном испитивању знања из геометрије ($t_{88} < t_{88,\alpha} = 1,99$; $\alpha = 0,05$).

Анализа резултата финалног испитивања знања

Табела 2.15 Резултати финалног испитивања знања из геометрије ученика у SW и КА групи, задацима објективног типа

Задатак	Макс. број бодова	SW - подгрупа	КА - подгрупа
		AS	AS
1.	2	1,64	1,55
2.	2	1,68	1,33
3.	3	2,48	2,18
4.	4	2,88	2,58
5.	3	2,30	2,35
6.	4	3,02	3,30
7.	5	3,88	3,75
8.	8	5,32	2,98



Графикон 2.4 Резултати финалног испитивања знања

Табела 2.16 *t*-тест: ниво знања из геометрије у SW и КА групи на финалном тесту задацима објективног типа

	n SW	AS SW	SD SW	n KA	AS KA	SD KA	df	t-value	p
FT	50	23,20	6,70	40	20,00	8,10	88	2,05	0,04

Подгрупа (SW) која је користила софтверску верзију Луграма била је успешнија на нивоу статистичке значајности, на финалној провери знања, од подгрупе (КА) која је за игру користила картонски Луграм ($t_{88} > t_{88,\alpha} = 1,99$; $\alpha = 0,05$).

Анализа резултата испитивања знања у SW подгрупи по категоријама ученика

Табела 2.17 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања

Сума квад. између	df између	Варијанса између	Сума квад. унутар	df унутар	Варијанса унутар	F	p
1009,40	3	336,47	1263,31	46	27,46	12,25	0,00

(За критичну вредност F количника, $F_{(3,46;0,05)}=2,85$)

Табела 2.18 *Scheffe test*: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на иницијалном испитивању знања

Оцена	5		4		3		2	
	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p
5								
4	6,24	0,01						
3	9,46	0,00	3,21	0,59				
2	12,96	0,00	6,71	0,18	3,50	0,76		

Табела 2.19 Анализа варијансе: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања

Сума квад. између	df између	Варијанса између	Сума квад. унутар	df унутар	Варијанса унутар	F	p
908,92	3	302,97	1293,08	46	28,11	10,78	0,00

(За критичну вредност F количника, $F_{(3,46;0,05)}=2,85$)

Табела 2.20 *Scheffe test*: успех из математике на крају првог полугодишта трећег разреда и успех на финалном испитивању знања

Оцена	5		4		3		2	
	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p	AS (i-j)	p
5								
4	6,96	0,00						
3	8,58	0,00	1,62	0,92				
2	11,71	0,00	4,75	0,48	3,12	0,82		

Трајање изложености садржајима геометрије је у овом случају (и ненаставно) било исто. Статистичком обрадом података регистрована значајна разлика у успеху на финалној провери знања, у корист SW подгрупе ученика (која је за игру користила софтверску верзију), може се приписати утицају рачунарске игре Луграм. Прихвата се хипотеза да ће софтверска верзија имати већи утицај на успех у учењу геометрије.

У раније обављеном истраживању (89 ученика трећег разреда, (Лучић, 2008)) експериментална група ученика је користила Луграм у обе медијске изведбе. Ученици експерименталне групе (44 ученика) су на финалном испитивању знања, и тада били успешнији ($t_{87}=2,15 > t_{87,\alpha}=1,99$; $\alpha = 0,05$).

Након експерименталног периода, у анкети су исказали већу опредељеност за софтверску верзију Луграма (Табела 2.21).

Табела 2.21 Резултати анкете ученика експерименталне групе (упитник у Прилогу 4) након финалног испитивања знања (Лучић, 2008)

Питање	Одговор	Општи успех			
		Довољан	Добар	Врло добар	Одличан
1.	1)		1	7	30
	2)			1	
	3)		1	3	1
2.	1)				1
	2)		1	6	13
	3)		1	5	17
3.	1)		2	10	31
	2)			1	
	3)				
4.	1)		2	11	23
	2)				7
	3)				1
5.	ДА				1
	НЕ		2	11	30
6.	ДА		2	9	28
	НЕ			2	3
7.	ДА				1
	НЕ		2	11	30
8.	1)		2	11	30
	2)				
	3)				1
9.	1)		2	11	25
	2)				4
	3)				2
10.	ДА		2	10	28
	НЕ			1	3
11.	ДА		2	10	28
	НЕ			1	3

Резултати и прихваћене хипотезе представљеног истраживања упућују на закључак да се Луграм може искористити у сврху утицаја на повећање успеха у учењу геометрије, али и на нови истраживачки задатак организовања низа сличних експеримената, на ширем узорку, уз вредновање постигнућа ученика стандардизованим тестовима.

2.3.4 Закључци усмерени на унапређење рада у настави

На основу резултата описаних истраживања и искустава из наставне праксе, издвојене су практичне препоруке усмерене на унапређење рада у настави:

- пошто је уочено да примена игре, паралелно са наставним процесом, доприноси заинтересованости ученика за наставу и учење и унапређује њихово постигнуће у учењу, *већа креативност у наставном раду и активнија улога ученика се може постићи укључивањем игре у наставни процес.*
- када је о геометрији реч, резултати описаних истраживања говоре да Луграм може да допринесе бољим резултатима у почетном учењу геометрије. *Укључивањем геометријских слагалица у групу игара којима се играју ученици, како у школи, тако и код куће, може се допринети успешнијем усвајању геометријских појмова.*
- У описаним активностима ученици су не само у улози активног корисника већ и у улози креатора наставних медија. *Потребно је омогућити ученицима да вођени упутствима наставника, и самостално, припремају наставне материјале.*
- Припрему часова посвећених реализацији утицаја експерименталног фактора је карактерисао тимски рад наставника. *Интегрисањем креативних потенцијала наставника (и ученика), припрема и реализација наставе се може подићи на виши ниво.*

Посматрају ли се наведене препоруке из угла потреба наставног процеса у специјализованим школама, поставља се питање какве су могућности за реализацију сличних циљева ако се као такви поставе пред наставу која се изводи ученицима суоченим са различитим врстама инвалидитета, ометености и потешкоћа. У зависности од проблема са којим се суочавају они нису у могућности да у потпуности савладају одређено градиво коришћењем само класичних метода рада. Њихови наставници у специјализованим школама у Србији служе се посебним наставним средствима, материјалима, облицима и методама рада да би им омогућили да савладају градиво (Јаблан и др., 2009, 2010). Ако се узме у обзир развој технологије данас, може се урадити и постићи више.

Као посебна препорука за унапређење рада у настави, издваја се препорука да *успешно примењене наставне медије и средства у редовној настави, треба прилагодити потребама наставних активности и подршци наставним активностима у раду са ученицима са инвалидитетом, када год је то могуће.* У конкретном примеру чијим се приказом бави ова дисертација, реч је о слабовидим и слепим ученицима.

2.4 Примери примене стандардних верзија Луграма у инклузивном образовању

Примена стандардних верзија Луграма у инклузивном и образовању у специјализованој установи, овде ће бити илустрована представљањем два примера документована од стране извођача тих активности.

2.4.1 Примена у оквиру инклузије у редовној основној школи

У овом одељку је у целини пренет извештај студента Факултета за специјалну едукацију и рехабилитацију Универзитета у Београду. Извештај се односи на испитну обавезу из наставног предмета Увод у општу педагогију, а описује активности на часу у одељењу I-1 ОШ „20. октобар“ у Сивцу, почетком 2010/11. школске године.



Слика 2.41 Луграм на часу изборног предмета у одељењу I-1

„Структура и ток часа:

Уводни део:

У уводном делу часа учитељица је упознала ученике са слагалицом „Луграм“. Објашњење је било прецизно и подржано демонстрацијом делова слагалице. Ученици су у овом делу часа били веома пажљиви и нестрпљиво очекивали да учитељица подели комплете. С'обзиром на детаљно и прецизно упутство ученици нису имали додатних питања. Учитељица је поделила комплете.

Главни део:

У главном делу часа ученици су се играли слагалицом. Радили су у пару. Посматрајући рад закључила сам да су деца навикнута на партнерске односе, јер су радили без свађе. Иако су први разред не може а да се не примети да је на свакој ученичкој клупи био ред без разбацаних делова слагалице.

Деца су поштовала постављена правила по којима се слаже слагалица (од простијих фигура ка сложенијим) и у радној, али не пребучној атмосфери уживали у слагању фигура. Учитељица је обилазила, надзирала и давала додатна упутства ако је то било потребно. Стекла сам утисак да је за време овог часа она била координатор активности ученика. Парове ученика који су са лакоћом и завидном брзином завршавали задатке она је увек похвалила, а ученике који су имали проблема стрпљиво бодрила и давала додатна упутства. Пред крај часа три пара су успела да направе свих девет фигура. Ова занимљива и креативна игра је окупирала пажњу ученика првог разреда током читавог часа тако да није било недисциплине нити потребе да учитељица додатно мотивише, подстиче или опомиње ученике.

У овом одељењу је и ученица М.Ј. која се образује по индивидуалном образовном плану, који је саставио инклузивни тим и потписао родитељ, који је у исто време и члан ИОП тима. Такође, инклузивни програм у овом одељењу заједно са учитељицом спроводи и волонтер (апсолвент Педагошког факултета у Сомбору) која је склопила волонтерски уговор са школом и пријављена је у Министарству за рад.

На овом часу девојчица је била укључена у партнерски рад са другарицом са којом седи на свим часовима сем на часовима српског језика и математике које ради по ИОПу. Она је била веома забављена слагањем али је била и евидентна њена мања заинтересованост када су фигуре биле сложеније. Интересантан је однос њене другарице према њој који је пун стрпљења, обзира и жеље да јој помогне. Могу рећи да ова девојчица ни једног тренутка није била искључена из активности и њоме се бавила у складу са својим способностима. Одељење похађају и два ученика Рома који су такође добро прихваћени и у складу са својим интересовањима и претходним знањем (нису похађали предшколску установу) су учествовали у активностима.

Завршни део:

У завршном делу часа сваки пар је известио остатак одељења о броју фигура које су сложили. Сваки извештај је добио заслужени аплауз. Учитељица је забележила постигнуте резултате због наставка игре.

Лична запажања:

Час коме сам присуствовала је био веома занимљив и динамичан. Допало ми се што су ученици били активни током читавог часа. Веома упечатљива је и чињеница да су тако мала деца која су у школи тек три месеца функционисала у условима партнерског рада и рада са новим наставним средством. Може се рећи и да ова учитељица поштује инклузију и право сваког детета на образовање.

Када бих ја организовала час слагања слагалице „Луграм“ у овако дисциплинованом одељењу сигурно бих пустила музику, ради још опуштеније и пријатније атмосфере. “

(студент: Софија Сацаков, 38/10, ментор: проф. др Бранко Јовановић, 2010)

2.4.2 Примена у специјализованој школи

Луграм је примењен и у настави математике у основној школи за образовање и васпитање деце и омладине са сметњама у развоју „Смех и суза“ у Алексинцу, 2010. године. Наставник је софтверске верзије Луграма преузео са Интернета (<http://www.lugram.net/download.html>), инсталирао на расположивој рачунарској опреми у школи, а током рада са ученицима забележио запажања, фото и видео записе о раду.



Слика 2.42 Луграм_III и Луграм_III_online - школа „Смех и суза“ у Алексинцу

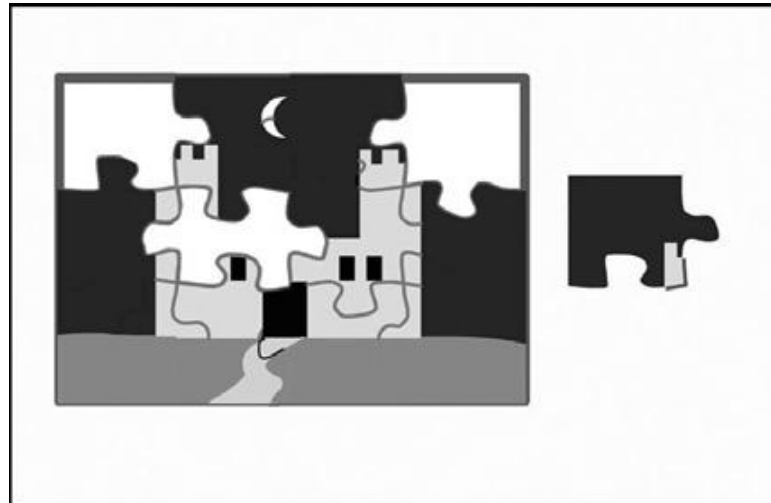
Запажања наставника указују на специфичности приступа настави геометрије у специјализованој установи (тема о троуглу се обрађује у шестом и седмом разреду), али и на важну заједничку црту када је однос деце према образовној игри Луграм у питању: „Деца су одушевљена. Игрицу сам користила у 6. и 7. разреду, приликом утврђивања лекција троугао и правоугаоник. Сва деца су добро прихватила игрицу и у складу са својим преосталим способностима решавали задатке из Луграма 3×3 и 5×5 . Радује ме и чињеница да нико није тражио за време тих часова неку другу игрицу (јер углавном кад је у питању образовна игрица, кратко им заокупи пажњу и траже да им пустим њихове „пуцачке“ игрице).“ (Биљана Веселиновић, наставник математике, Основна школа за образовање и васпитање деце и омладине са сметњама у развоју „Смех и суза“, Алексинац, 2010).

3. Истраживање у области образовања слабовиде и следе деце

Како слабовиде и следе особе у великој мери рачунар користе уз помоћ синтетизатора говора, то је један од основних разлога за интензивнији развој аудио игара прилагођених тој популацији (Lučić et al., 2011). Као аудио интерфејс се користе говор, музика и звучни ефекти. Говорне технологије се истичу као технологије које највише доприносе прилагођењу рачунарских игара ергономији слепих особа (Gaver, 1997). За те потребе се често користи синтетизовани говор. Аудио ефекат се претежно користи за пружање информације о позицији активног поља и повратне информације слабовидој или слепој особи да ли је њена реакција била одговарајућа или не (Eriksson and Gärdenfors, 2004). Говорне поруке се користе за објашњавање правила игре и давање коментара и упутстава. За представљање стања и ситуација у игри користи се и музика. Прилагођење игара слабовидим и слепим особама, поред аудио сегмента веома често укључује и тактилни (Eriksson and Gärdenfors, 2006). Већа прилагођеност игре може да се постигне укључивањем хаптичких (*haptic*) уређаја (Raisamo et al., 2007). Избор методе прилагођења зависи од тога којом методом ће се постићи већа приступачност, употребљивост и ефикасност игре. Често се примењују комбиноване методе. Мултимодални приступ се сматра неопходним, практично незаменљивим, нарочито у фази када се слабовида или слепа особа упознаје са игром (Lumbreras and Sanchez, 1999, Sanchez and Elías, 2006, Merabet and Sanchez, 2009, Raisamo et al., 2007). Образовним рачунарским играма прилагођеним слабовидим и слепим особама се, поред доприноса у сфери образовања и забаве, жели да помогне слабовидим и слепим особама и у обуци за оспособљавање за свакодневне активности, посебно оријентацију у простору (Sánchez et al., 2012). Уопште, развој асистивних технологија стреми ка таквим циљевима (Walker and Lindsay, 2005, Bengisu, 2010).

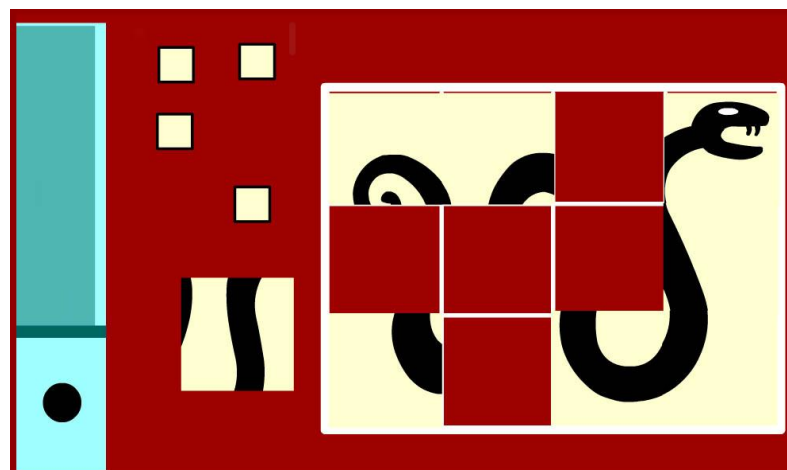
3.1 Преглед научно-истраживачких радова

Рачунарска игра, погодна за слабовиде или следе особе, треба да буде пажљиво осмишљена и једноставно дизајнирана. Традиционалне рачунарске игре обилују мноштвом детаља који их деци чине занимљивим. Оно што је у стандардним верзијама игара занимљиво и атрактивно, слабовидима и слепима најчешће представља непремостив ометајући фактор. У примерима игара за слабовиде, на пример, примењене су једноставне илустрације, чистих и јасних контраста малог броја одабраних боја, без непотребних додатних детаља небитних за игру. (Eriksson and Gärdenfors, 2004)



Слика 3.1 Интерфејс *The Castle jigsaw puzzle*

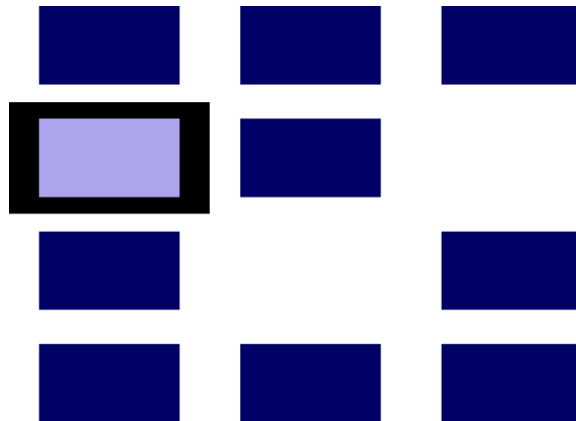
Puzzle игре као што су *Snake* и *Castle*, изостављајући сувишне детаље, на једноставан начин представљајући циљну креацију. Играч је препознаје у завршном лику животиње или предмета који је током игре креирао.



Слика 3.2 Интерфејс *The Snake jigsaw puzzle*

Формирани лик на крају може да буде и једноставно анимиран (*Snake*) тако да дочара начин свог кретања у природи. За децу која немају потребна предзнања, чак и овако једноставно дизајниран финални лик може бити недовољно разумљив. Из тог разлога је процес дизајнирања и тестирања оваквих врста игара, постепен и дуг (Eriksson and Gärdenfors, 2004).

Недостатак одговарајућих корисничких интерфејса представља један од кључних разлога због којег слабовиде и слепе особе наилазе на, често непремостиве, тешкоће када треба да користе савремене технологије. Проблем може бити решен дизајнирањем одговарајућих интерфејса.



Слика 3.3 Интерфејс *tactile memory game*-а (Raisamo et al., 2007)

Игра меморије (Слика 3.3), у матрици димензија 3x4, дизајнирана да је слепи корисник игра вибро-тактилним *gamepad*-ом чије вибрације додатно допуњују звучне информације о позицији елемента у матрици, представља пример креирања употребљиве рачунарске игре за слабовиду и слепу децу, потпомогнут дизајнирањем вибро-тактилног помоћног уређаја који није скуп.



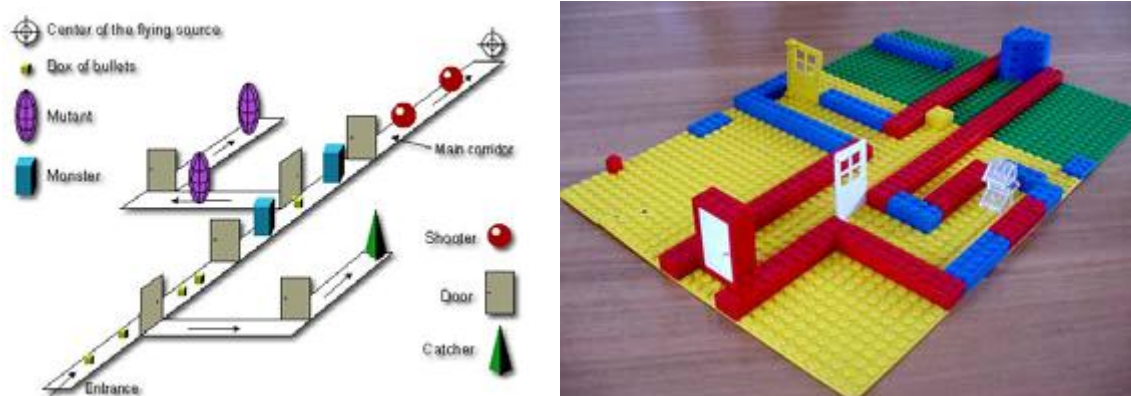
Слика 3.4 Обука менталним (тактилним) моделом игре и игра употребом вибро-тактилног *gamepad*-а (Raisamo et al., 2007)

Тестирана је у раду са слепом децом узраста 9-13 година, која нису имала других врста ометености (Raisamo et al., 2007). У мултимодалном приступу раду, као помоћни модел за игру, коришћен је модел матрице дизајниран од картонских кутија, отворених и затворених (Слика 3.4).

Картонским моделом је слепој деци у почетној фази тестирања успешно представљена матрица зоне за игру, коју су у виду менталне представе касније имали у глави током коришћења софтверског модела игре (Слика 3.4). У таквој концепцији, вибро-тактилни *gamepad* се показао ефикасним у примени.

AudioDoom је пример игре у чијој се образовној функцији такође користи мултиmodalни приступ. Тестирао ју је више од четрдесет кандидата узраста 7-12 година. *AudioDoom* омогућава слепој деци да истражују у интеракцији са виртуелним светом креираним просторним звуком. Током интеракције са виртуелним моделом ученик лево елементима креира екстерни модел који се на крају игре и оцењује.

Грешке и степен сличности са виртуелним моделом, по завршетку игре се као резултат приказују ученику на прилагођеном излазу и служе као модел за даље учење (Lumbreras and Sanchez, 1999, Sanchez, 2006, Merabet and Sanchez, 2009).

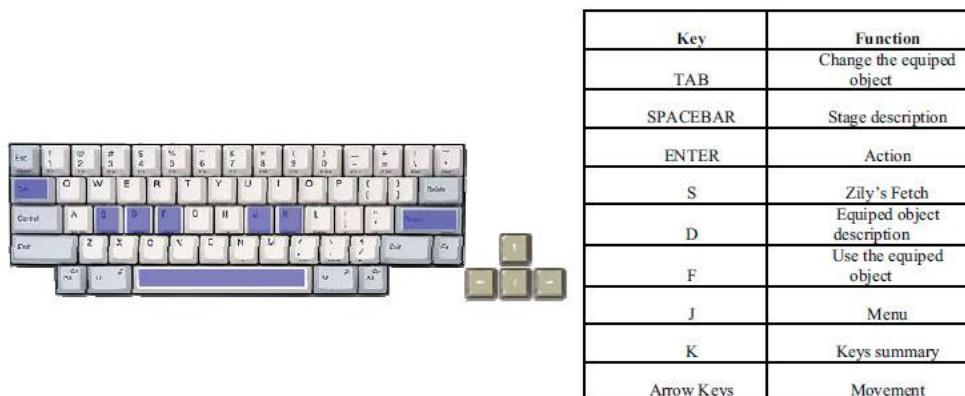


Слика 3.5 *AudioDoom* - виртуелни модел и реконструисни екстерни модел (Sanchez, 2006)

Улога стандардне *PC* тастатуре као тактилног уређаја који корисници могу лако да упознају или га већ добро познају, среће се у примерима рачунарских игара у литератури присутних под називом „*mini-games*“, попут „*Hammer Time*“ и „*Obstacle Race*“ (Sánchez and Elías, 2006).

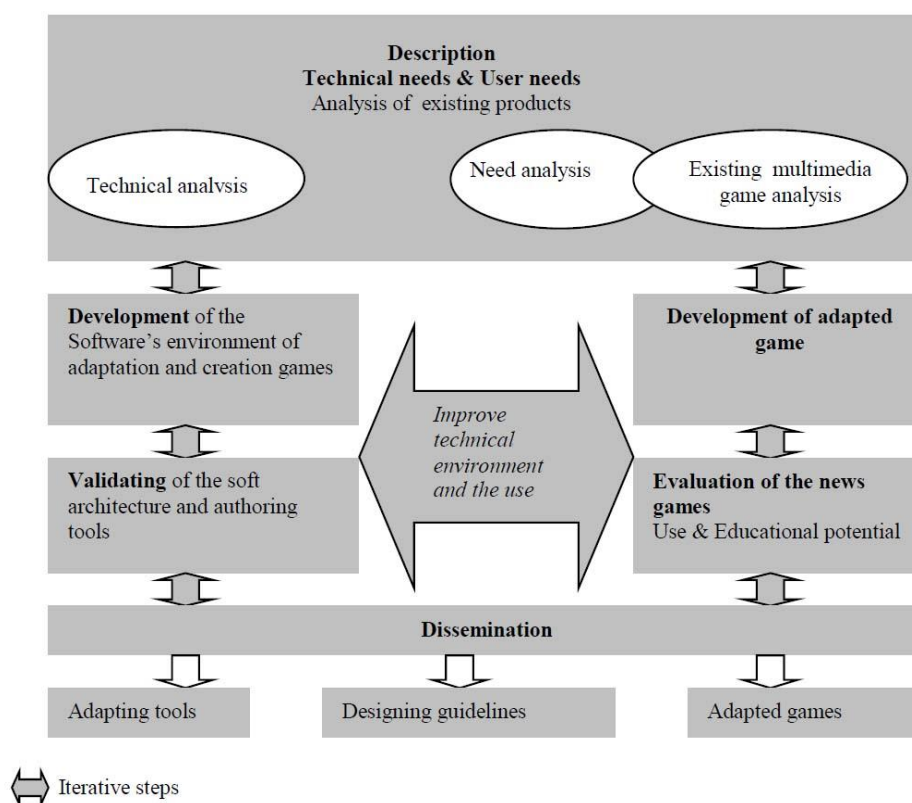


Слика 3.6 „*Hammer Time*“ интерфејс и „*Obstacle Race*“ интерфејс



Слика 3.7 Функција тастатуре као тактилног уређаја (Sánchez and Elías, 2006)

Сврха *TiM* (*Tactile interactive Multimedia*) пројекта је да омогући стварање мултимодалних игара прилагођених расположивом хардверу, тако што ће обезбедити генеричку развојну библиотеку и методологију за креаторе таквих игара (Archambault and Burger, 2000). Два основна циља пројекта представљају креирање нових игара и адаптација постојећих, а овај други се сматра теже достижним пошто, најчешће, захтева проналажење начина да се визуелно заснована концепција игре представи тако да игра постане доступна и слепој деци.



Слика 3.8 *TiM's methodology* (Buaud et al., 2002)

И поред тога што постоји значајан број игара који је креиран на основама *TiM* архитектуре и методологије (*TL (TiM Language)* на пример), игара које користе заједничке периферне уређаје, постоји стална потреба за даљим истраживањима за новим начинима прилагођења периферних уређаја, а и *TiM* методологије, пре свега како би се међу креаторима оваквих игара нашле и особе које не располажу програмерским вештинама (Bertelle et al., 2002, 2003, Dutot et al., 2002).

3.2 Геометрија, перцепција простора, рачунарске игре

Математика је већ самим својим концептом представљања садржаја у облику формула и графичких интерпретација, изузетно захтевна област за приближавање слабовидим и слепим особама. Уобичајена помагала (Брајев ред и синтетизатори) најчешће не подржавају читање сложенијих математичких записа, а посебно графичких приказа. Оваква ситуација отежава развој математичког мишљења код слепих особа и мотивише истраживаче да покушају да пронађу решења која ће допринети превазилажењу наведеног проблема (Pontelli et al., 2009, Stevens et al., 1997).

За област геометрије су развијана решења која реализацију менталне представе дводимензионалних (*2D*) и тродимензионалних (*3D*) геометријских облика подстичу активирањем чула додир, чула слуха или оба наведена чула истовремено. Активирање чула додир и кинестетичког осећаја (*kinaesthetics sense*) се реализовало помоћу тактилне и хаптичке (*haptic*) технологије (Sribunruangrit et al., 2002, Boggess and Harding, 2007), а чула слуха помоћу аудио сигнала као што су говор или одређени неговорни сигнали (Salamin et al., 2007).

Проблем представљања геометријских облика се добрим делом своди на представљање графичког интерфејса (*Graphical User Interface - GUI*). Управо у тој области су значајни помаци направљени употребом хаптичке технологије (Shimomura et al., 2013) захваљујући усмерењима која су се формирала кроз више истраживања и научних студија (Sjöström, 2002). И поред тога што хаптички уређаји (*haptic user interfaces*) показују одличне резултате у погледу препознавања објеката од стране корисника (78% до 96%) (Magnusson et al., 2002), уочено је да корисници слабије уочавају мале делове виртуелног објекта и да је манипулација са тако представљеним виртуелним објектима доста отежана (Shimomura, 2005). Поред тога, проблем који се јавља код планирања употребе ових уређаја је њихова цена, тако да они нису доступни већем делу популације којој су намењени.

Аудио и тактилни интерфејси такође поседују одређена ограничења (нпр. за читаче екрана су слике невидљиве, а тактилни уређаји често нису довољно прецизни у њиховој презентацији), али су приступачнији (по цени) и доступнији, посебно када је реч о школама (потреба за већим бројем уређаја). У сврху савладавања онога што треба да се научи, сугерише се укључивање што више чула како би се обезбедило ефикасно и ефективно учење (Sweller et al., 1998).

Звуци који се у аудио играма користе за аудио интеракцију са играчем могу бити узрочни, семантички или смањени. Аудитивни догађаји су често представљени уобичајеним звуком са карактеристикама звука њиховог извора.

Семантички, аудио игре користе аудитивне поруке за интеракцију са играчем. Смањени звук представља адекватну аудитивну стимулацију без посебних звучних карактеристика, која физички или когнитивно указује на звук догађаја. У оквиру пројекта *TiM (Tactile Interactive Multimedia)* (Friberg and Gärdenfors, 2004, Bertelle et al., 2003) дизајниране аудио игре показују све аспекте аудио интеракције са играчима, користе *surround* звук и наративне елементе (нпр. *TiM* аудио игра *Journey*).

Поред чула слуха, додир је још један примарни сензор за слабовиде и слепе. Из тог разлога су развијене и тактилне рачунарске игре где је *GUI* представљен, за такве потребе дизајнираним специјализованим панелима, клавијатурама, таблама осетљивим на додир или посебним хаптичким уређајима попут *PHANToM* и *FEELit Mouse* (Sjöström and Rasmus-Gröhn, 1999, Jarillo-Silva et al., 2009).

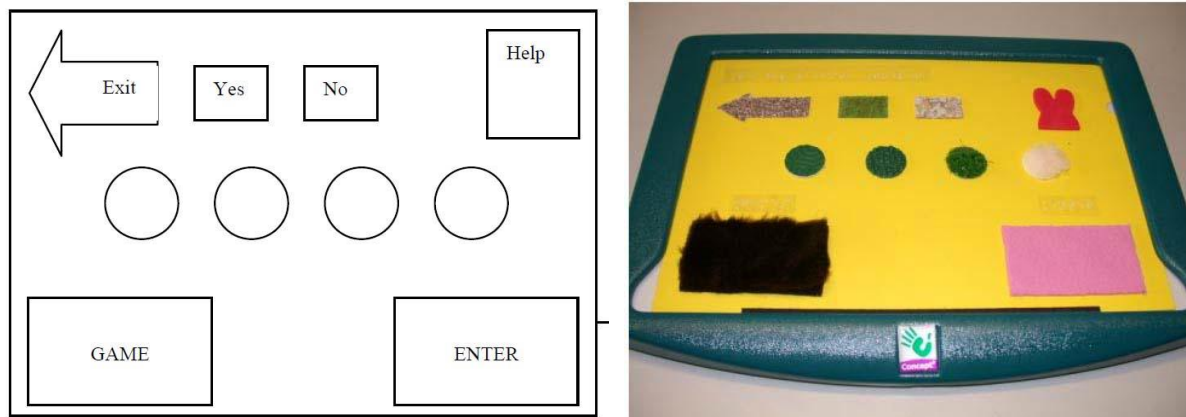


Слика 3.9 *PHANToM* и *FEELit Mouse* (Sjöström and Rasmus-Gröhn, 1999)



Слика 3.10 *PHANToM OMNI pencil - experimental validation of the kinematics* (Jarillo-Silva et al., 2009)

Експерименти извршени у сврху провере перформанси *PHANToM* уређаја су показали да он ефикасно прати математичке моделе, прихватљиве је конфигурације без механичког напора, која обезбеђује дуг век рада и веома добре перформансе уређаја (Jarillo-Silva et al., 2009).



Слика 3.11 *Scheme of tactile board* и *Picture of tactile board*
(TIM IST-2000-25298, D12 Game function report, 2003)

Овакав концепт презентације *GUI*-а отвара тактилни/хаптички канал размене информација између људи и рачунара. Специјализовани хаптички уређаји поред презентације дводимензионалних модела и графикона, подржавају и презентације тродимензионалних објеката (Yu, Ramloll, and Brewster, 2001), представљањем облика и/или тежине предмета на пример, а понекад дозвољавају и виртуелну манипулацију.



Слика 3.12 *Vibro-tactile pen* (Evreinov, *Alternative Access: Feelings & Games* 2005)

Тактилни или хаптички уређаји се често користе за просторну презентацију. Тако Европски пројекат *MICOLE* (*Multimodal Collaboration Environment for Inclusion of Visually Impaired Children*) (micole.cs.uta.fi) подржава инклузију представљањем неколико интерфејса за особе са оштећеним видом, заснованих на додиру и звуку (Saarinen et al., 2005, Pietrzak et al., 2007, Rassmus-Gröhn et al., 2006).

Када се тактилно/хаптичком контексту информација о локацији објеката у одређеном простору, додају и аудитивни знаци, слепом кориснику се обезбеђује шири приступ информацијама које треба да прими.

3.2.1 Геометрија и перцепција простора

Већину информација неопходних за сналажење у простору, човек прикупља путем чула вида. Ускраћене за такву врсту информација, слепе особе су принуђене да у отежаним условима стварају менталне слике простора у коме се налазе (Lahav and Mioduser, 2005), ослањајући се на чуло додир, слуха, па чак и чуло мириса. Тактилне информације примају најчешће путем руку, упознавајући тако текстуру просторног окружења, материјале од којих су објекти који га чине направљени, облик објеката, итд. Путем ногу стичу представу о површини (рељефу) по којој се крећу. Употребом белог штапа интегришу улоге чула додир и чула слуха. Ослушкивање амбијенталног звука им омогућава да сазнају да ли се налазе у отвореном или затвореном простору, осете величину простора, сазнају да ли је ту присутан још неко (човек или животиња) (Hill et al., 1993). Поред описаног перцептивног нивоа, на стварање менталне слике просторног окружења код слепих особа утичу и индивидуална стратегија мапирања простора и стварање навигационих путања (Fletcher, 1980). Њихове просторне перспективе се не поклапају увек са просторним перспективама особа које виде (Struiksma et al., 2011).

Настава геометрије намењена слепим ученицима је увек био велики изазов (Hersh et al., 2008). Иако слепим особама представља веома захтевну област за учење, геометрија им помаже у развоју способности за оријентацију у простору (Gouy-Pailler et al., 2007) и најкориснија је за изградњу њихове менталне презентације простора (Thinus-Blanc and Gaunet, 1997). Њихова способност да препознају фигуре као што су круг, троугао, квадрат, ... да сагледају релативне локације и правце у простору, десно, лево, горе, доле, далеко, близу, ... препознају објекте, од кључног је значаја за њихову свест и менталну слику о простору у коме се налазе.

Mental imagery and visualisation (Department for Education (www.education.gov.uk), 2009) су кључни елементи у развоју индивидуалних капацитета за решавање проблема. Код слепих особа изостаје *visualisation* као кључни елемент и као доминантан проблем се јавља *Visual imagery without visual perception* (Bértolo, 2005). Истраживања говоре да постоје различите методе којима се слепим особама може помоћи да тај проблем превазиђу (Gittler and Glück, 1998, Bértolo, 2005).

Способност усвајања информација представљених „на геометријски начин“, помаже стварању адекватне менталне слике сложених предмета и просторних окружења (Brodie et al., 1992).

Велики број истраживања последњих година је посвећен визуализацији и менталној интерпретацији тродимензионалних геометријских облика (Kaufmann and Schmalstieg, 2003, Kaufmann et al., 2005, Shimomura et al., 2013). Принцип учења на основу претходно стеченог искуства, решавањем једноставнијег проблема да би се стекла способност за решавање сложенијег, стварање укупне менталне слике претходног да би се формирала полазна основа за оно што следи, указује на важност организовања таквог начина обуке и учења што раније, још у току детињства (Antonietti and Colombo, 2011-2012, Semenovich Vygotsky, 2004).

Потребно је развити моделе рада који ће допринети таквом начину учења и поспешити оспособљавање слепих ученика за *Visual imagery without visual perception*, покренути их и мотивисати ка имагинацији и креацији. Када је геометрија у питању, рад са слепим ученицима захтева да се до тада предоминантно визуелно замени чулно другачије опаживим. Један од начина да се то оствари је да се уместо предоминантно визуелног уведе преминација вербалног (Mason, 2002).

3.2.2 Рачунарске игре

Чињеница да су рачунарске игре постале саставни део живота деце и младих, утицала је на то да се образовне рачунарске игре покажу као добар модел којим се могу обухватити и одређени аспекти развоја метода рада у настави (International Game Developers Association, 2009). При изградњи таквих модела намењених раду са слепим ученицима, поред технолошких ограничења и ергономских карактеристика популације са којом се ради, пажња се мора обратити и на педагошко-психолошке аспекте проблема који се решава (Јаблан и др., 2010). Сама приступачност (*accessibility*) популацији слепих ученика није довољна. Неопходно је постићи потребан ниво употребљивости (*usability*), игривости (*playability*) и ефективности/ефикасности (*effectiveness*) таквих рачунарских игара (Mester et al., 2011, Procci et al., 2012, Elaine Jesso, 2014). Употребљивост је усмерена на функционалност у оквиру система игре, док је игривост усмерена на функционалност целокупног система и управо због тога аутори игара намењених особама са инвалидитетом више истичу њену важност (Desurvire et al., 2004, Cunningham et al., 2006). Код игара намењених особама са инвалидитетом, игривост великим делом зависи од степена прилагођења игре ергономији корисника. Успешност једне игре се управо и мери и степеном њене прилагођености и особама са инвалидитетом. Код образовних игара треба да се постигне висока ефективност/ефикасност игре јер представља меру способности игре да код сваког појединца подстакне стицање знања и развој способности (Olsen et al., 2011).

Употребљивост рачунарских игара за слепу децу постигана различитим решењима представљања одговарајућег *GUI*, креира грубу поделу ових игара према примарном чулу које активирају на: *audio* (Gaudy et al., 2009, Delić and Vujnović Sedlar, 2010, Sánchez and Elías, 2009, Sepchat et al., 2008) и *tactile computer games* (Sepchat et al., 2006, Raisamo et al., 2007, Zaphiris and Siang Ang, 2008), и игре које активирају оба наведена чула (Hamaguchi et al. 2009, Buaud et al., 2002). Свако од поменутих решења, било *audio* или *tactile games*, носи са собом одређена ограничења. Није могуће постићи одговарајући ниво игривости, а да при томе игре буду само *audio* или *tactile games* (International Game Developers Association, 2009, Archambault et al., 2008). Игре као што су *action games* и *adventure games* углавном захтевају веома активно учешће чула вида играча, те је овај тип игара мало заступљен међу играма намењеним слепим особама (www.ist.rit.edu/~cib/a-a_games.php).

Међу рачунарским играма намењеним слепим особама највише су заступљене игре које се базирају на звуку, потом на чулу додира, а у њихову реализацију се све више укључују хаптички уређаји (Sjöström and Rasmus-Gröhn, 1999). Посебну важност за истраживање описано у наредном поглављу, имају игре чијом употребом се унапређује способност слепих особа за оријентацију и сналажење у простору (Sánchez and Mascaró, 2011, Moll et al., 2010, Ghiani, et al., 2009, Zeng et al., 2014).

Њихов развој је подстакнут управо чињеницом да се способност сналажења у простору развија учењем и обуком (Sanchez et al., 2007). Иако поменуте рачунарске игре значајно доприносе развоју способности стварања менталних слика, проблем стварања менталних слика сложених објеката и даље је једна од доминантних тешкоћа у раду са слепим особама. Наредна поглавља говоре на који начин је образовна игра Луграм прилагођена слабовидој и слепој деци.

3.3 Прилагођење Луграма

Игре које у себи садрже основне елементе геометрије, поред доприноса настави математике, теже и остварењу ширег позитивног утицаја на образовање и живот својих корисника. Да би их користила и слабовида и слепа деца, оне захтевају значајне измене. За геометријску представу предмета неопходно је укључивање и чула додира и чула слуха (Rouzier et al., 2004). Заменом визуелних модалитета аудитивним, на пример, ученицима покушавају да се представе основни геометријски облици. У споју са говорним технологијама ова врста образовних рачунарских игара представља новину у образовању слабовидих и слепих ученика.

Када је реч о игри као што је Луграм, битан предуслов за успешност у игри је способност стварања менталне и визуелне представе о композицији сложеног геометријског лика састављеног од одређеног броја простијих. Ако се из тог процеса искључи подршка чула вида, нестаје визуелни ослонац менталног решавања овог проблема и настају тешкоће о којима је већ било речи када је приближавање геометрије слепим особама у питању (Lučić et al., 2011). Да би Луграм постао доступан и слабовидим и слепим особама, и употребљив за њихову обуку за самостално коришћење аудио верзије игре, како је хипотезом истраживања претпостављено, било је неопходно извршити прилагођење игре. Тиме би био трасиран и пут ка даљем развоју система за игру Луграм са циљем сличним циљу оствареном његовом применом у редовном образовању.

Прилагођење је изведено постепено, корак по корак, методом посматрања процеса тестирања прототипа у реалним околностима, стицањем искустава прикупљањем и анализом повратних информација. Ради непосредног стицања искустава, истраживачи су се поред опсервационих активности бавили и активностима наставника-инструктора. Концепција прилагођења слепим особама је подразумевала да Луграм, као игра доминантно заснована на визуелним елементима, након адаптације у основи функционише као *audio game*. Потребно је било решити проблем како слепим особама не визуелно представити елементе ове игре и како им омогућити да је играју не употребљавајући миш.

3.3.1 Верзија за слабовиду децу

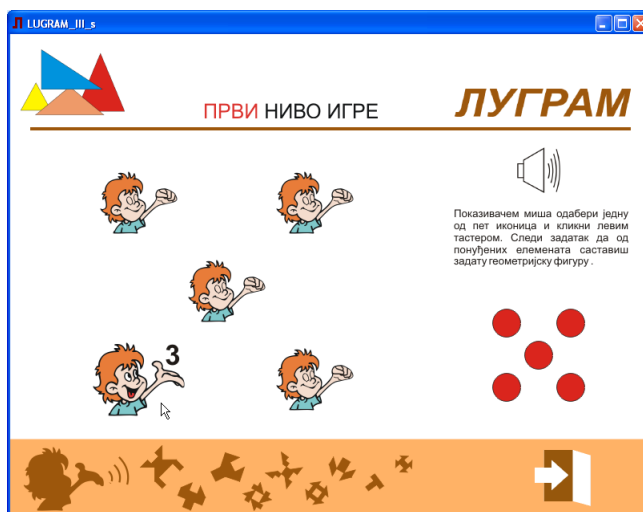
Почетна фаза рада на прилагођењу, за циљну групу је поставила слабовиде особе. Прилагођења софтверског Луграм-модула за игру урађена у погледу приказа цртежа и контраста боја, обликована су тако да помажу кориснику у уочавању садржаја екрана и у активностима у игри. За разлику од стандардне, динамичне („плутајуће“) понуде саставних елемената заједно, уведена је статична, којом саставне елементе фигуре-задатка модификовани модул за игру нуди један по један.

У још увек визуелној концепцији представљања елемената игре, то је био први корак ка стварању услова за каснију невизуелну интерпретацију. Контролу у игри корисник је и даље остваривао као и у стандардној верзији, употребом миша.

Модификовање начина понуде елемената за састављање захтевало је измене у делу *Lingo* скрипта који контролише ситуацију на *Stage*-у Луграма у тренутку заустављања филма при првој понуди елемента и формирању сцене за почетак решавања задатка. Скриптови који чине увод *HoldFrame* скрипту за наведени тренутак, претрпели су измене у виду допуне променљивима које регулишу понуду елемената. То је урађено употребом низа који чине редни бројеви *Sprajtova* носача саставних елемената фигуре-задатка и фигуре-решења. Редослед чланова овог низа формира се рандом методом индексирања скупа саставних елемената који припадају фигури-задатку. *Draggable Lingo* скрипт за контролу понашања објекта елемента за састављање, допуњен је наведеном методом одабира преосталих чланова низа након позиционирања текућег. Кориговано је и позиционирање саставног елемента након погрешног потеза на почетну позицију. Завршна процедура контроле решења задатка, допуњена је делом скрипта који регулише појаву компактне фигуре-решења зелене боје. (Лучић, Вујновић Седлар и Делић, 2009)

Интеракција са корисником

Након поздравне говорне поруке корисник слуша упутство за даљи ток игре. Ниво игре бира вођен одговарајућом говорном поруком и активним пољем за одабир чија димензија се увећава приликом позиционирања показивача миша на њега. Активне иконе за одабир фигура-задатака наслеђене су из модула за игру верзије Луграм_III_г.



Слика 3.13 Екран првог нивоа игре - модификована верзија

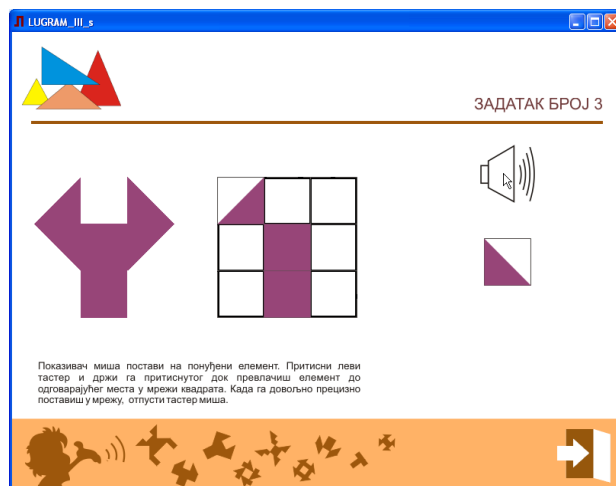
Позиционирање показивача миша на активан објекат (икону) за одабир задатка изазива повећање димензија објекта, појаву визуелне информације о броју одабраног задатка, као и звучни ефекат карактеристичан само за ту врсту активног објекта на екрану. Статична понуда саставних елемената (један по један) је изведена методом случајног избора из скупа припадајућих саставних елемената.

Позиционирање показивача миша на понуђени елемент за састављање задате фигуре, као што је то случај и са осталим активним објектима, праћено је звучним ефектом карактеристичним само за ту активност у игри. Тако корисник и овом приликом и на основу информације звуком сазнаје да ли је предузео жељени корак у игри.



Слика 3.14 Задатак првог нивоа - понуда елемената - један по један

Верзија за слабовиде особе за сваку врсту активних објеката поседује одговарајући звучни ефекат који се јасно разликује од звучних ефеката осталих врста објеката и тиме кориснику олакшава спознају о предузетој активности у игри. Тако је, на пример, икона у облику излазних врата („излаз“ или „крај рада програма“) „опремљена“ звучним ефектом отварања/затварања металних врата. Сви екрани апликације Луграм за слабовиду децу, у дну садрже увећан лого Луграма јасног контраста боја. Тамна браон боја се, позиционирањем показивача миша на икону „излаза“, мења у белу, допуњујући звучни ефекат који прати ту активност играча. Одређен број активних објеката, поред већ описаних особина, уз звучни ефекат ипак има и додатну говорну поруку - објашњење о активности у игри коју играч том приликом предузима. Екрани нивоа игре и екрани одабраних задатака садрже активан објекат, икону звучника, која при позиционирању показивача миша на њу активира звучни запис текста упутства. Текст упутства се и даље налази у оквиру текућег садржаја екрана, као и у стандардној верзији игре.



Слика 3.15 Задатак првог нивоа - приступ говорном упутству

Играч након позиционирања показивача миша на понуђени елемент, држећи притиснут леви тастер миша превлачи саставни елемент у мрежу. Тај захтев није промењен у односу на стандардну верзију. У неким сличним *puzzle* играма играч само позиционира показивач миша на *puzzle* елемент, а затим превлачење врши без притиска на тастер миша (Eriksson and Gärdenfors, 2004).



Слика 3.16 Решен задатак првог нивоа - повратак на мени

Екран задатка након решења задатка, мења садржај тако што фигуру-решење приказује у јасном контрасту са подлогом, без остатака мреже квадрата и у другачијој боји у односу на фигуру-задатак. Звучни ефекат и пратећа анимација, задржани су у облику какав имају у стандардној верзији (Луџић и Вујновић Седлар, 2009). Након решених свих пет задатака текућег нивоа игре, екран добија садржај попут завршног екрана нивоа игре у стандардној верзији, са увећаним појединим детаљима (иконе информација о решеним задацима и икона стрелице за наставак игре).

Звучни ефекат који прати приказ садржаја завршног екрана нивоа игре је остао непромењен о односу на основну верзију. Јасан је и упечатљив, а чини га двоструки звучни ефекат који прати успех у решавању појединачних задатака.

Тестирања прототипа су обављена са три слабовида детета узраста 10 година, оштећења вида 80-90%. Повратне информације су потврдиле да су уведене промене начина понуде саставних елемената оправдане. Очекивано, испитаницима је било лакше да одиграју потез у игри када је саставни елеменат статичан, него када га бирају из групе покретних саставних елемената, без обзира на смањење брзине кретања елемената на најмању вредност у *floating* ефекту *behavior*-а тих објеката на *stage*-у Луграм апликације.

Прототип Луграма за слабовиде је постављен за основу наредних корака прилагођења (Лучић, Вујновић Седлар и Делић, 2009). Сву контролу у игри, како у стандардној верзији рачунарске игре Луграм, тако и у Луграм игри за слабовиду децу, играч остварује употребом миша. Употреба тастатуре у овим верзијама није била предвиђена, али је у даљем раду морала да буде омогућена како би се круг корисника проширио и на следе особе.

3.3.2 Верзија за слепо децу

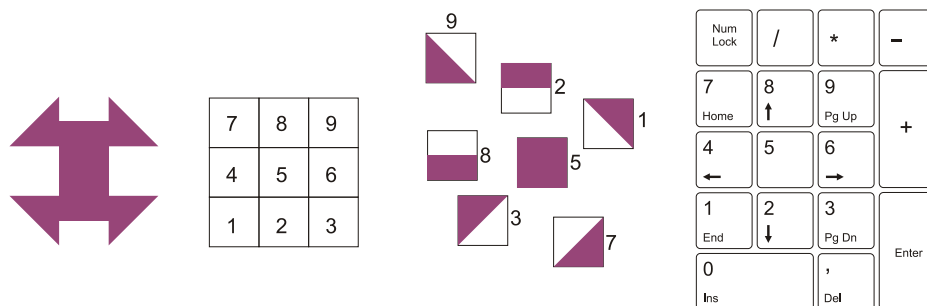
У верзији Луграма за следе особе је било потребно решити проблем како играчу на невизуелан начин саопштити информацију о изгледу саставних елемената и њиховом распореду у сложенем геометријском лику који граде, тако да он на основу ње може да оствари менталну спознају композиције задатог геометријског лика.

Претпостављено је да ће прототип у овој фази модификације Луграма успети да:

- заменом визуелних модалитета, једноставним аудитивним, успешно представи основне геометријске облике који чине саставне елементе слагалице,
- буде оперативан употребом стандардне *PC* тастатуре, уз помоћ звучних ефеката и говорних порука које програм емитује кориснику,
- омогући распоређивање задатака по нивоима игре тако, да буду прилагођени способностима слепих ученика који треба да га користе.

Потребно је било урадити значајне измене у програмском коду, а такође и испитати да ли постоји потреба усаглашавања са додатним тактилним уређајима (Archambault et al., 2001). Интервенције на програму и даље су се односиле само на измене у оквиру модула за игру.

Начин понуде саставних елемената је остао исти као у верзији модула за игру за слабовиде кориснике (један по један). Употреба миша је изостављена. Уместо ње је уведена употреба стандардне *PC* тастатуре (пре свега њеног нумеричког дела). Распоред елемената матрице Луграм-задатка прилагођен је распореду типки бројева издвојеног нумеричког дела стандардне *PC* тастатуре (Слика 3.17).



Слика 3.17 Нумеричка тастатура и рedefинисана матрица Луграм-задатка

Модификација начина понуде саставних елемената Луграм слагалице у верзији за слабовиде кориснике, створила је услове за даљу адаптацију контроле начина игре само применом тастатуре уз адекватно праћење тока игре применом звучних ефеката и говорних порука и упутстава које корисника воде кроз игру.

Основна идеја прилагођења слепим корисницима је била да се играње омогући употребом искључиво стандардне *PC* тастатуре као тактилног уређаја који већ постоји у стандардној конфигурацији, тако да нису потребна додатна улагања у рачунарску опрему којом се игра Луграм.



Слика 3.18 Активне типке тастатуре у верзијама Луграма за слепе кориснике

Измена *Lingo-script*-ова је било знатно више него у верзији за слабовиде, како по врсти наредби тако и по обиму кода. За контролу и емитовање садржаја датотека носача звучних ефеката и говорних порука коришћене су наредбе попут *sound().queue()*, *sound().play()* и *sound().isBusy()*, а за потезе играча анализа садржаја системских променљивих *keypressed* и *keyCode*.


```

on exitFrame me

if the keypressed <> EMPTY then
case (the keyCode) of
24
if (up1 = 0) then
if (pamnav = 1) then
sound(1).queue(member("uput 2a"))
sound(1).play(member("uput 2a"))
else
sound(1).queue(member("uput_2ab"))
sound(1).play(member("uput_2ab"))
end if
end if
49
sound(1).stop()
exit
end case
go the frame
end if

if sound(1).isBusy() then go the frame

end exitFrame

```

Слика 3.19 Пример *Lingo-script*-а Луграма за слепе кориснике

Знатно већа количина датотека које садрже говорна упутства и поруке (Слика 3.20), условила је примену компримованих аудио формата ради смањења величине програма у мегабајтима.

Name	#	Script	Type
zad1	278		Sound
uput_2ab	277		Sound
uput 2a	276		Sound
trougao_gore_levo	275		Sound
trougao_gore_desno	274		Sound
trougao_dole_levo	273		Sound
trougao_dole_desno	272		Sound
toranj	271		Sound
tacno	270		Sound
stepenice	269		Sound

Слика 3.20 Примери *Sound* датотека позиваних у *Lingo-script*-у Луграма

Након изворног снимања у *WAV* формату, за датотеке говорних порука одабран је *SWA* формат. Кратким звучним ефектима чији су носачи датотеке из доступних библиотека звука, формат није мењан (*MP3*, *WAV*). Контрола тока програма је захтевала прецизно усклађивање примене *Sound()* наредби *Lingo*-а са *TimeLine*-ом Луграм-модула за игру. Пратећа музичка подлога није присутна како не би ометала концентрацију корисника (Eriksson and Gärdenfors, 2006).

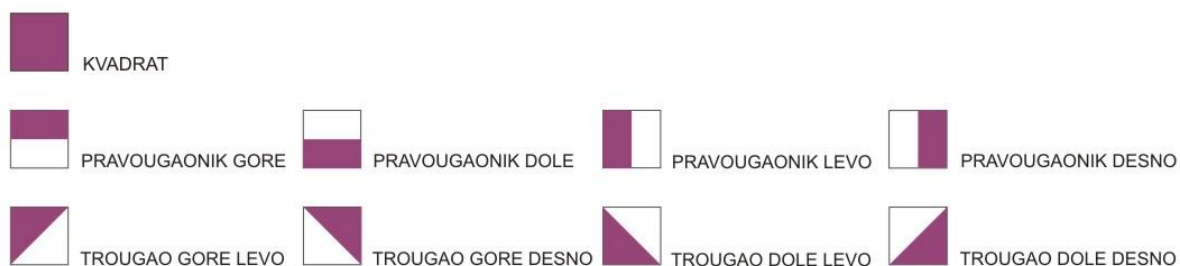
Интеракција са корисником

Вођен говорним упутствима, корисник бира начин на који жели да игра Луграм. Избор врши притиском на одговарајућу типку нумеричког дела тастатуре. Да би му било што лакше да користи стандардну *PC* тастатуру, за потезе у игри и навигацију током игре се користе типке издвојеног нумеричког дела тастатуре (типке бројева, *Enter* и знак плус) уз веома мали број осталих типки (*ESC*, размакница и издвојене типке стрелица). Говорна упутства су раздвојена звучним ефектом-сепаратором како би што јасније била наглашена упутства играчу како да учествује у игри. Говорна упутства су мањег обима након првог успешно решеног задатка текућег нивоа игре.

Играч може (притиском на типку знака плус) да понови емитовање комплетног садржаја говорног упутства за фазу игре у којој се тренутно налази. Типка *Enter* има сличну функцију, омогућава му да поново чује опис задатка, два пута у току једног поступка решавања.

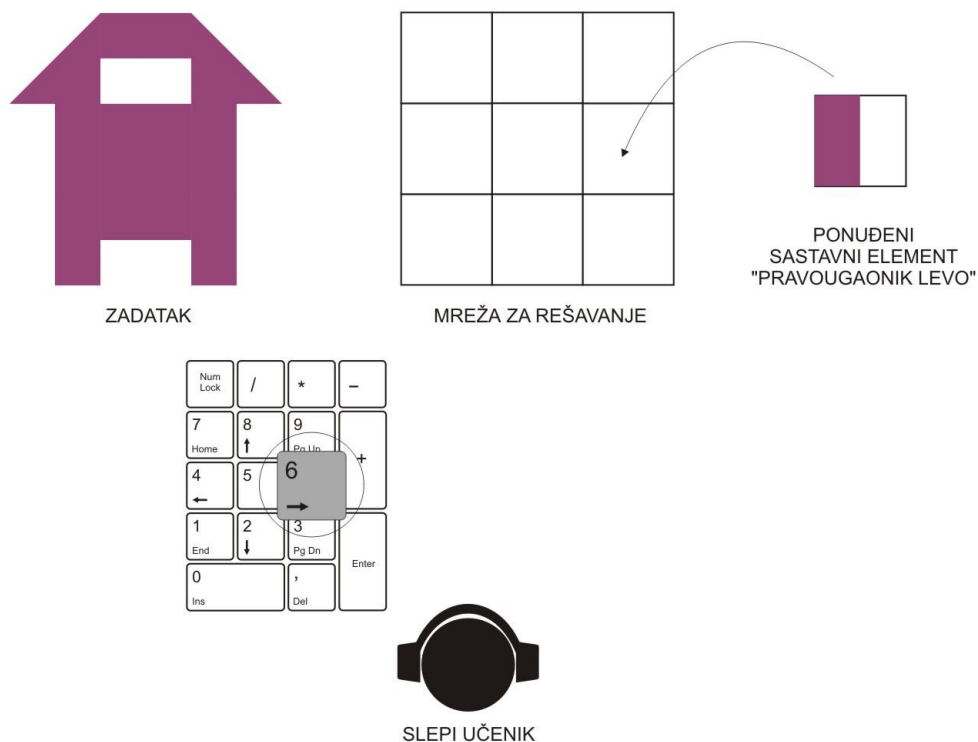
Креирана су три прототипа Луграма за слепе кориснике: *Луграм игра памћења*, *Луграм игра навигацијом стрелицама* и *Луграм игра тростепене навигације звучним ефектима и говорним порукама*.

Исти опис саставних елемената говорном поруком (Слика 3.21) користи се у сва три прототипа.



Слика 3.21 Опис саставних елемената говорном поруком

Луграм игра памћења након почетних упутстава за игру кориснику саопштава садржај матрице Луграм-задатка емитујући му садржај матрице фигуре-задатка саопштавањем позиције и садржаја сваког од девет елемената матрице, што он треба да запамти. На пример: „Други ниво игре; Задатак број један; Фигура задатак; Поље 1: правоугаоник десно, Поље 2: правоугаоник горе, Поље 3: правоугаоник лево, Поље 4: правоугаоник десно, Поље 5: квадрат, Поље 6: правоугаоник лево, Поље 7: троугао доле десно, Поље 8: правоугаоник горе, Поље 9: троугао доле лево“. Програм потом нуди саставне елементе, један по један, користећи исти опис као при задавању задатка. На пример: „Понуда саставних елемената; Елемент: правоугаоник лево“. Том приликом корисник би, у случају наведеног примера задатка, требало да одигра исправан потез притиском на тастатурну типку са бројем шест или бројем три. Програм у понуду сврстава само непразне саставне елементе матрице задатка. Дакле, „празно поље“ јесте информација о изгледу матрице фигуре-задатка, али касније није присутно у понуди као саставни елемент.

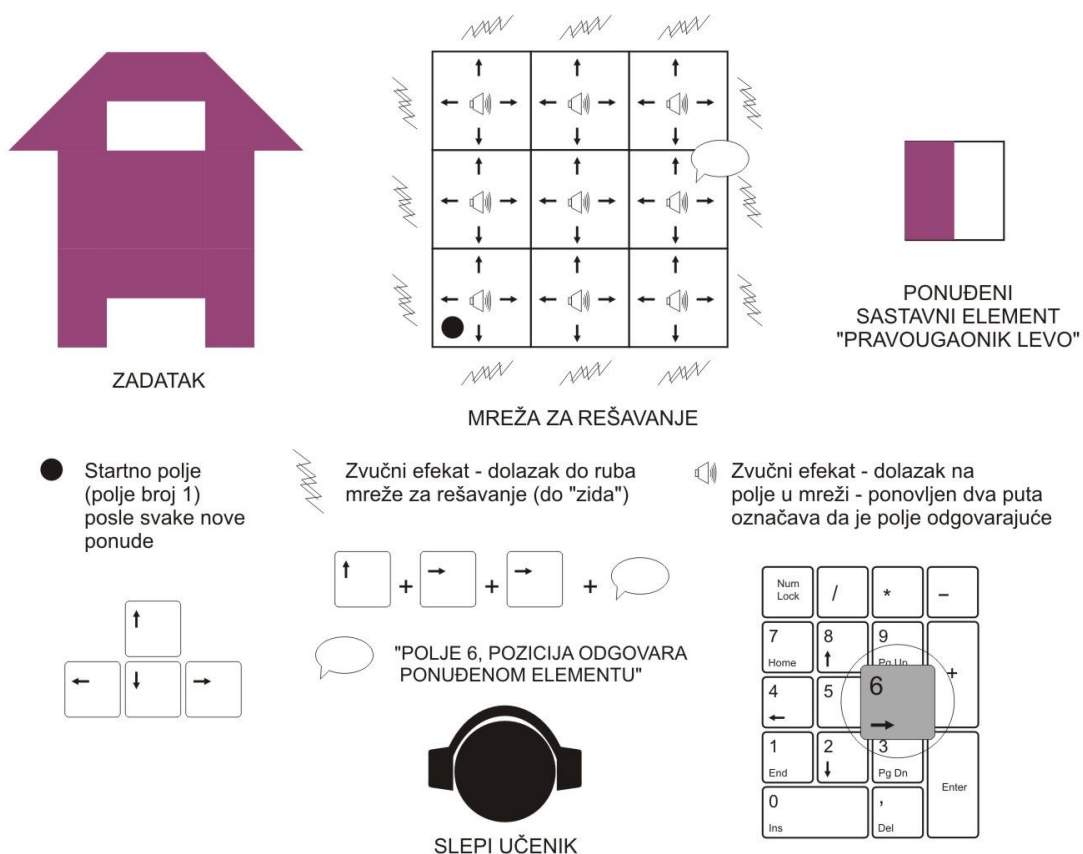


Слика 3.22 Тастатура као тактилни уређај - потез играча

Анализа потеза у игри је праћена одговарајућом говорном поруком и звучним ефектом. Број погрешних потеза је ограничен, а играч може три пута да понови говорну поруку садржаја матрице фигуре-задатка или да прекине рад на решавању задатка и врати се на избор задатака текућег нивоа игре.

У верзији *Луграм навигацијом стрелицама*, задаци се представљају описно. На пример: „Слово Т“, „Знак плус“ и сл. Начин понуде саставних елемената остаје непромењен.

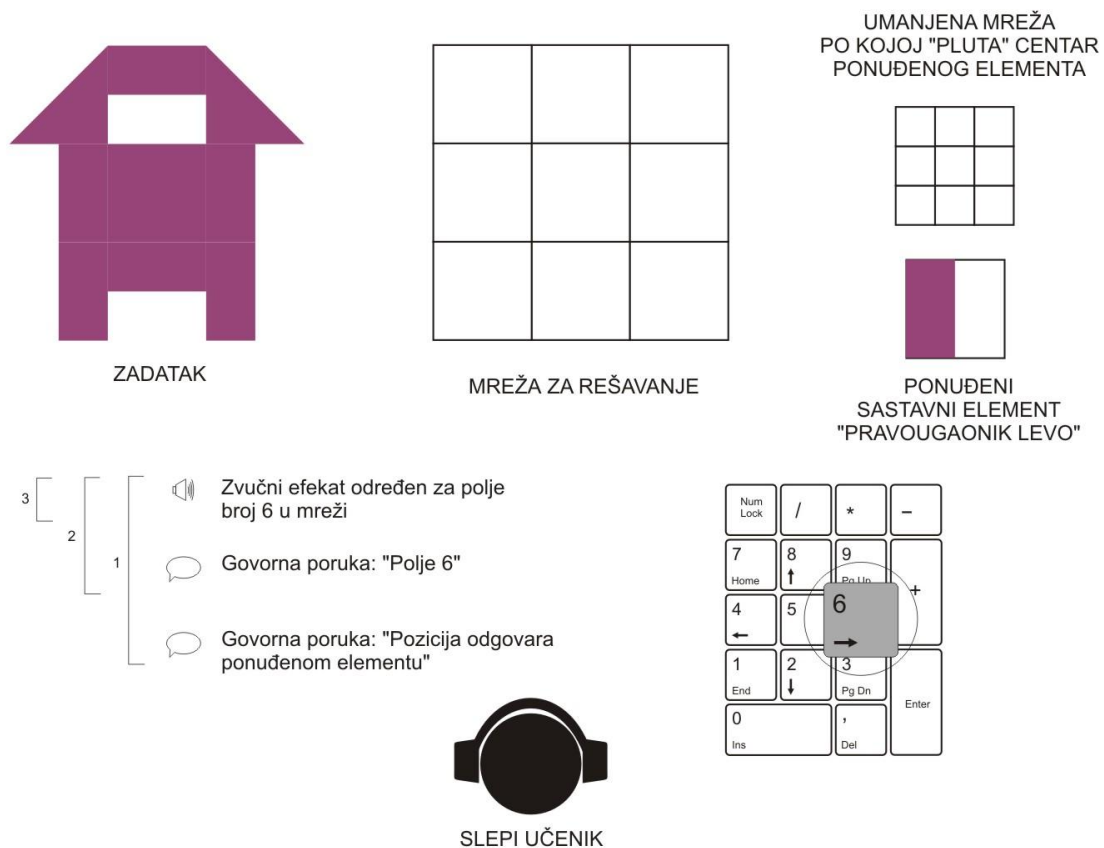
Постављање саставног елемента у мрежу за решавање задатка играч изводи након што претходно по истој изврши навигацију употребом типки стрелица (горе, доле, лево, десно). Од програма добија одговарајуће повратне информације у виду говорних порука и звучних ефеката. Када добије поруку „*поље одговара понуђеном елементу*“, притиском на типку одговарајућег броја на нумеричкој тастатури (у примеру је то типка броја 6) поставља елемент у мрежу. Задатак играча је да запамти да ли је на том пољу већ постављао одговарајући елемент. Од програма добија повратну информацију о свакој врсти грешке коју направи приликом игре.



Слика 3.23 Задатак „Поштанско сандуче“ - потези играча

Луграм игра тростепене навигације звучним ефектима и говорним порукама, фигуре-здатке и саставне елементе слагалице задаје као и претходно описана верзија. Измене су извршене у начину информисања играча о позицији понуђеног саставног елемента у оквиру матрице фигуре-здатка.

Ова верзија користи „плутајући“ ефекат као и стандардни Луграм, али се овога пута он односи само на текући понуђени саставни елемент. Контролом његовог кретања изнад умањене матрице фигуре-здатка и регистравањем доласка на одговарајућу позицију, програм емитује информацију. На првом нивоу игре то је информација која се састоји од две говорне поруке и једног звучног ефекта, на другом од једне говорне поруке и поновљеног звучног ефекта и коначно на трећем нивоу игре, само од поновљеног звучног ефекта. Задатак играча је да током игре на претходна два нивоа савлада „код“ позиција матрице састављен од девет различитих звучних ефеката и припреми себе за игру на трећем, последњем нивоу. У конкретном примеру који је коришћен при тестирању, базу звучних ефеката су чинили звуци девет различитих музичких инструмената.



Слика 3.24 Ниво игре број два - „Поштанско сандуче“ - потез играча

Представљене верзије Луграма имају заједничку основу, говорно представљање саставних елемената слагалице навигационо-геометријским терминима. Остављена је отворена могућност комбиновања и реконструкције прототипа. Инструктори који у раду са слепом децом користе Луграм, у зависности од способности, узраста и предзнања деце, могу комбиновати употребу верзија Луграма или користити појединачно нивое у игри одређеном верзијом.

Помоћ коју особе које виде (најчешће одрасли) пружају слепој деци при првом сусрету са Луграмом је неопходна. Генерисање нових задатака захтева додатни рад на креирању говорних порука за описно задавање фигура-задатака за тако конципиране верзије Луграма.

Пилот тест са децом која виде

Пилот тестирање прототипа *Луграм игра памћења* имало је за циљ да провери да ли уведени вербални облик представљања саставних елемената и фигура-задатака слагалице одговара ученицима. Тестирање је изведено са ученицима четвртог разреда редовне основне школе (ОШ „20. октобар“ у Сивцу), десетогодишњацима, децом која виде. Стандардну верзију Луграма су већ познавали. Дакле, имали су изграђену менталну представу Луграм-задатака у својој глави, на основу раније обрађиваних визуелних информација у вези са тим. Први пут су Луграм играли без увида у садржај екрана монитора, користећи искључиво тастатуру, вођени говорним порукама и упутствима које им програм саопштава. Рад је организован у две групе од по шест ученика. Екран монитора је био заклоњен за ученике како би инструктор ипак имао могућност и да визуелно прати ток решавања задатака.



Слика 3.25 Први тестови - заклоњен монитор за децу која виде

Забележено је да:

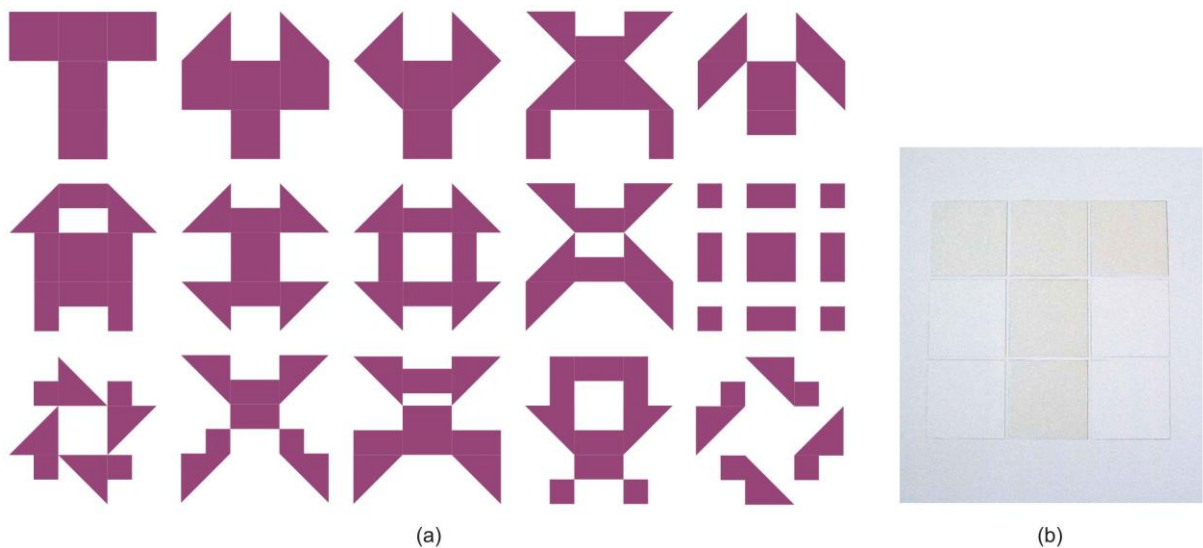
- примењени модалитет представљања саставних елемената Луграм-задатака говорним порукама ученици добро разумеју, што је потврђено тако што су ученици успешно, терминологијом за саставне елементе коју су упознали током игре, описали Луграм-задатке који су им, по завршетку тестирања, били представљени на табли;
- количина утрошеног времена за решавање задатка (очекивано) расте са порастом броја различитих саставних елемената у задацима;
- број грешака (који није био ограничен) током решавања задатка, треба ограничити како би се подстакла мотивисаност и концентрација код играча.

Пилот тест са слепом децом

Тактилни модел Луграма

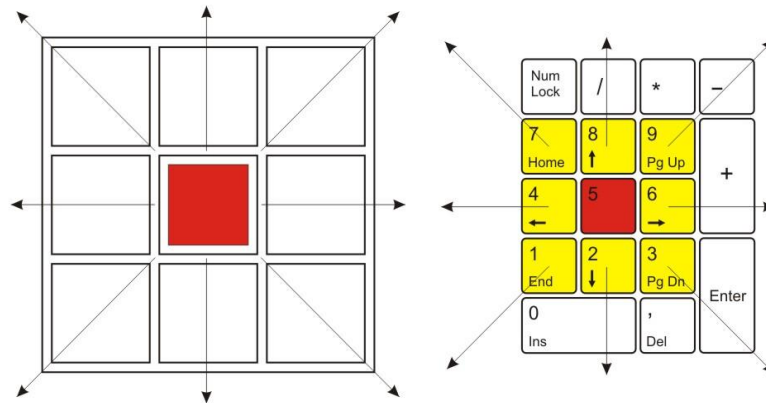
Искуства истраживача говоре да је употребом искључиво аудитивног модалитета веома тешко постићи одговарајућу успешност у обуци слепе деце за играње њима намењених рачунарских игара. Примери одређеног броја игара (неке од њих су претходно овде кратко и описане) указују на то да се уводном и/или паралелном употребом тактилног модела задатака, деца може помоћи да лакше створе менталну представу задатака у својој глави (Lumbreras and Sanchez, 1999, Merabet and Sanchez, 2009, Raisamo et al., 2007, Sánchez and Elías, 2006).

Узимајући то у обзир, као и искуства из рада у редовној основној школи када су ученици упознали Луграм играјући се прво картонском верзијом, припремљени су тактилни модели Луграм-задатака, од картона и рељефне самолепљиве фолије (Слика 3.26(б)).



Слика 3.26 (а) Луграм-задаци стандардне верзије игре (б) Пример тактилног модела задатка

Тактилни модел је слепом играчу требало да олакша први контакт са Луграмом, упути га у концепт игре и помогне му у тумачењу говорних порука којима се представљају саставни елементи слагалице и сама матрица задатка. Тактилни задаци су обликом и распоредом по нивоима игре, креирани идентично стандардним Луграм-задацима коришћеним при прелиминарном тестирању са децом која виде (Слика 3.26(а)).



Слика 3.27 Корелација тактилни модел - нумеричка тастатура

Важна улога је тактилом моделу додељена у обуци играча за коришћење стандардне *PC* тастатуре као тактилног уређаја којим се врши позиционирање елемената који граде задати геометријски лик (Слика 3.27).

Пилот тестови у реалним условима

Прва, појединачна, тестирања су изведена са два слепа дечака узраста дванаест и осам година, различитих интелектуалних и моторичких способности.

Дванаестогодишњи дечак је био ученик шестог разреда редовне основне школе, веома доброг предзнања из геометрије. Похађао је и школу за основно музичко образовање. Поседовао је веома добре способности за оријентацију и кретање у кућном простору. У периоду када је тестирање рађено, похађао је и обуку за кретање уз помоћ белог штапа. Самостално је користио рачунар уз помоћ читача екрана и синтетизатора говора. Захваљујући предзнању из геометрије, за кратко време је уз помоћ модела картонске рељефне тактилне слагалице и асистенцију аутора игре, а потом свог старијег брата, савладао терминологију вербалне описне интерпретације изгледа саставних елемената Луграм-задатака. Успешно је тестирао сва три описана прототипа прилагођена слепим особама.

Његова заинтересованост за испитивање могућности програма се, након успешног савладавања постављених задатака, кретала ка изазивању „екстремних ситуација“ (понављања грешака, достизања максималног броја грешака, захтева за понављање упутстава ...), односно „ломљењу“ програма, како би исцрпео све информације које од програма може добити. Очекивано велику заинтересованост и добре резултате је показао при тестирању верзије чији су описи позиција у матрици задатка били базирани на звуцима музичких инструмената. Ту верзију је и означио као верзију која му се највише допада. Способности које је демонстрирао користећи Луграм су га сврстале у категорију корисника-сарадника аутора рачунарске игре Луграм. Даља комуникација након одређених измена програма је настављена телефонски и слањем нових верзија програма путем Интернета.

Дечак узраста осам година је похађао први разред. Био је нешто слабијих моторичких способности али оне га нису ометале толико да не може да користи тастатуру. У раду у школи и са родитељима је најчешће користио дрвене моделе различитих врста играчака. Њему је за упознавање игре била неопходна помоћ боље припремљеног тактилног модела Луграма него што је то био већ описани картонски који је у том тренутку био на располагању.

Минимално предзнање из геометрије је дозвољавало да се уз почетну примену пажљиво одабраних, најједноставнијих задатака првог нивоа сложености *Луграм игре памћења*, дечак лагано упозна са слагалицом. Обука за коришћење стандардне РС тастатуре представљала је посебан задатак који је, према савету родитеља, савладаван обележавањем типки бројева налепљивањем Брајевих ознака.

Млађим корисницима који немају, или тек стичу основна знања о геометријским појмовима, родитељима и наставницима који са њима раде, било је неопходно обезбедити помоћ ефикаснијег тактилног модела Луграма. Према савету тифлопедагога ШОСО „Вук Караџић“ у Сомбору, коју је похађао поменути млађи испитаник, тактилни модел је морао бити израђен од чвршћег, робустнијег и текстурно наглашенијег материјала. Комбинованом применом тактичних и аудио верзија игре, ова категорија корисника има веће шансе за успех у даљем коришћењу рачунарских верзија (Лучић и др. 2010). За млађе кориснике са комбинованим сметњама и смањеним моторичким способностима, треба припремити крајње једноставне задатке применом једног, а након успешне почетне обуке можда и до два, а највише три различита саставна елемента.

На основу закључака изведених након пилот тестирања направљен је план и формиране су претпоставке за даљи рад и реконструкцију прототипа коју је било потребно реализовати, и поново тестирањем проверити у реалној пракси.

Рад са млађим слепим испитаником је указао на степен тешкоћа које се могу очекивати у раду при тестирању прилагођених верзија Луграма. Повратне информације су сасвим јасно показале да се тестирања не могу наставити на начин на који су започета, а посебно не употребом сва три припремљена прототипа. За даља тестирања је било неопходно одабрати један.

3.4 Дизајнирање финалних прототипа прилагођеног Луграм-модула за игру

За даља тестирања и истраживање одабран је прототип *Луграм игра памћења*. Наредно тестирање је (први пут) организовано у специјализованој установи, школи за ученике оштећеног вида „Вељко Рамадановић“ у Земуну, са ученицима четвртог разреда (Lučić et al., 2011). У раду је учествовала група од шест ученика, узраста 10 година, истог узраста као ученици редовне основне школе са којима су обављени претходно описани пилот тестови. Ученици нису имали других врста инвалидитета. Имали су потребно предзнање из геометрије. Уз софтверску верзију, у раду су и даље коришћени рељефни картонски тактилни модели задатака.

Праћењем активности (образац у Прилогу 5) организованим тако да један истраживач има улогу посматрача, а други улогу наставника-инструктора, уочено је да:

- ученици који спорије усвајају појмове горе, доле, лево и десно, теже их и примењују на ниво матрице Луграм-задатка, а посебно на ниво појединачног саставног елемента,
- тактилни Луграм-модел треба да поседује јасну тактилну ознаку за оријентацију горе-доле и лево-десно на нивоу матрице задатка,
- упознавање са новим саставним елементом захтева додатно време како би га ученици прво добро упознали путем тактилног модела,
- притисак на тастатурну типку треба да буде пропраћен звучним ефектом,
- на решавање задатака (очекивано) значајно утиче моторичка способност ученика,
- корелацију тактилни модел - нумеричка тастатура отежава неискуство ученика у коришћењу *PC* тастатуре,
- дрвени тактилни модел за игру би вероватно успешније помогао наведеној корелацији него постојећи картонски,
- мултимодални начин рада при почетној Луграм-обуци је неопходан,
- индивидуални облик рада наставника-инструктора са учеником је неопходан.

Анализа повратних информација је потврдила закључке из пилот теста и показала да задатке треба поједноставити (смањити број различитих саставних елемената), нарочито при почетном Луграм-тренингу са слепом децом. Оно што је визуелно у стандардној верзији игре изгледало једноставно, у невизуелној интерпретацији говорним порукама, задавало је проблеме играчима.

За разлику од тестиране групе деце која виде, слепи ученици који су учествовали у наведеном тестирању, нису имали претходног искуства са Луграмом и менталну представу о Луграм-задацима су стварали први пут.

Нагли прелаз са саставног елемента „*Квадрат*“ на језички сложеније конструкције описа саставних елемената који у себи садрже правоугаонике и троуглове („*Правоугаоник горе*“, „*Троугао горе лево*“, „*Троугао доле десно*“ и тд.) збуњивао је играче и поред подршке тактилног модела и наставника-инструктора. За тестираног осмогодишњака је, на пример, њихово тумачење представљало непремостиву препреку.

Без обзира на то што је језичка конструкција говорне поруке подразумевала највише три речи из веома ограниченог скупа речи, садејство њиховог геометријског и навигационог значења је градило сложеност за чије је увођење, показало се, било потребно организовати једноставнији поступак од примењеног. Што се тактилног модела задатака тиче, овом приликом је од стране руководиоца ресурсног центра школе „Вељко Рамадановић“ само потврђено стручно мишљење добијено при пилот тестирању, уз додатни савет да размак саставних делова у тактилној матрици Луграм-задатка буде око 4 милиметра како би ученици јасно, при тактилној претрази, могли да препознају позиције у њој.

Узимајући у обзир искуства из уводних тестирања, извршена је додатна адаптација и рачунарске верзије *Луграм игре меморије* и тактилног модела Луграма (Lučić et al., 2013).

3.4.1 Примена *Text-to-Speech (TTS)* технологије

Креирање говорних садржаја снимањем природног говора и додатном обрадом снимљеног материјала, сложеност поступка је оптерећивало укупан процес израде софтверске апликације, пре свега захтевајући више ресурса и утрошак значајне количине времена. То је нарочито долазило до изражаја у периоду израде прототипа (Лучић и Вујновић Седлар, 2009, Лучић и др. 2009, Лучић и др. 2010, Lučić et al., 2011) када сви потребни аудио елементи, пре свега говорни садржаји, до краја нису били ни осмишљени. Њихов садржај се често мењао, а проценат учешћа у апликацији повећавао или смањивао. Нешто слично, догађало се и током фаза тестирања. Ангажовање живих говорника за снимање природног говора, у тој фази рада значајно оптерећује тим за реализацију пројекта, захтевајући више и људских и техничких ресурса.

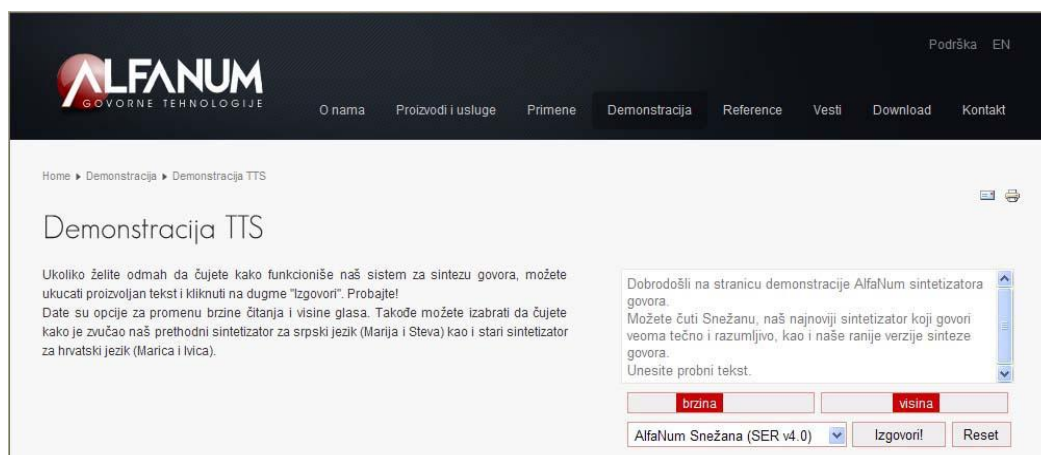
Развој рачунарских говорних технологија омогућава другачији приступ планирању и реализацији наведених активности. Одмах се може рачунати на оптимизацију потребних ресурса по планираним фазама рада. За снимање говорних порука нису неопходни посебни услови како би се минимизирала потреба за додатном обрадом снимљеног материјала (Лучић и Вујновић Седлар, 2010, 2012). То се позитивно одражава на остале фазе рада што може значајно да допринесе укупној продуктивности израде софтверске апликације. Тако креирани говорни садржаји у функцији могу остати и у финалним верзијама образовног софтвера, а ако се укаже потреба, могу касније бити замењени снимљеним природним говором (Pekar et al., 2010).

Основни прототип *Луграм игра памћења*, садржи 68 говорних порука у укупном трајању од 3,5 минута. *Луграм игра навигацијом стрелицама*, садржи 84 говорне поруке у укупном трајању од три минута. Трећи прототип *Луграм игра тростепене навигације звучним ефектима и говорним порукама* садржи највише говорних порука (94), у трајању од шест минута.

Почетне верзије сва три прототипа Луграма за слепе особе користе говорне поруке креиране снимањем природног говора. Припрема аудио датотека говорних порука које учитава Луграмов модул за игру, представљала је дуготрајан и напоран процес и за аутора и за говорнике. Потреба за њиховим изменама приликом реконструкције прототипа, такође.

Компанија *AlfaNum* из Новог Сада у сарадњи са Факултетом техничких наука Универзитета у Новом Саду, развила је низ иновативних софтверских производа у области рачунарских говорних технологија, како за српски тако и за сродне јужнословенске језике. Говорне технологије су веома зависне од језика и потребно је развити ресурсе и технику за сваки језик одвојено. То је нарочито важно за језике којима говоре мање заједнице и веома је значајно да је почео развој говорних апликација попут примера које развијају компанија *AlfaNum* и ФТН Нови Сад. *AlfaNum Text-to-Speech (TTS)* софтверске апликације подржавају велики број интерфејса што олакшава њихову интеграцију у друге корисне софтверске апликације (Рекар et al., 2010). *AlfaNum TTS* апликације су коришћене за креирање аудио елемената неколико рачунарских игара за забаву и образовање деце са оштећењем вида, а једна од њих је управо Луграм (Лучић и др., 2012).

Кориснички интерфејси рачунарских игара за слабовиду и слепу децу, разликују се од игре до игре. У процесу прилагођавања корисника игри, аудио сигнали, говорне поруке и упутства играју кључну улогу. Примена квалитетне *TTS* технологије за српски језик је омогућила ефикасан даљи рад на прилагођењу Луграма слепим особама. Софтверска *TTS* апликација *Alfanum Snežana* (Слика 3.28), одабрана је за основни софтверски алат за креирање говорних порука Луграма.



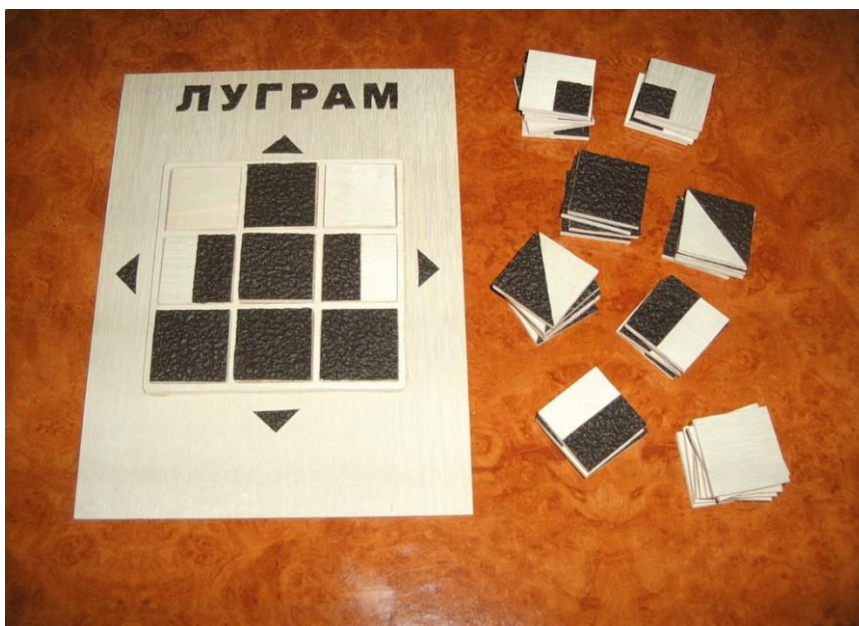
Слика 3.28 *AlfaNum TTS* технологије - демонстрација (www.alfanum.co.rs)

Креирање говорних садржаја није више захтевало посебне услове, а елиминисана је до тада најзаступљенија додатна обрада - уклањање шума из снимљеног материјала. Максимална пажња је могла да буде посвећена садржају порука и упутстава. *TTS* технологија за српски језик је у овој фази припремања Луграма за говорну интерактивност, укључена у припрему говорних порука.

3.4.2 Реконструкција мултимодалног прототипа заснованог на тастатури као тактилном уређају

У процес припреме задатака за прилагођену верзију уведен је стандардни Луграм-модул за креирање задатака (из Луграм_III_г). То је захтевало увођење „читања“ задатака у прилагођеном модулу за игру, по угледу на приступ у модулу за игру пакета Луграм_III_г.

Што се тактилног модела тиче, уместо картонског, према већ наведеним сугестијама и упутствима након пилот тестова, дизајниран је тактилни модел израђен од шпер плоче и храпаве гуме (Слика 3.29). За разлику од претходног, картонског, који није дозвољавао промену већ припремљених задатака, нови тактилни модел је поседовао особину генератора задатака и омогућавао креирање задатака према потребама рада, „на лицу места“, и својим особинама у потпуности пратио описану реконструисану софтверску верзију игре. Постојећи начин представљања саставних елемената и њихових позиција у матрици задатка, говорним порукама, није мењан.



Слика 3.29 Тактилни модел од шпер плоче и храпаве гуме

Да ли је овако креираним мултимодалним системом за игру омогућена ефикаснија подршка Луграм-обуци и колико се истраживачки поступак приближио одговору на питање да ли се хипотеза истраживања може прихватити, потребно је било утврдити анализом резултата и запажања прикупљених из наредних тестирања прототипа.

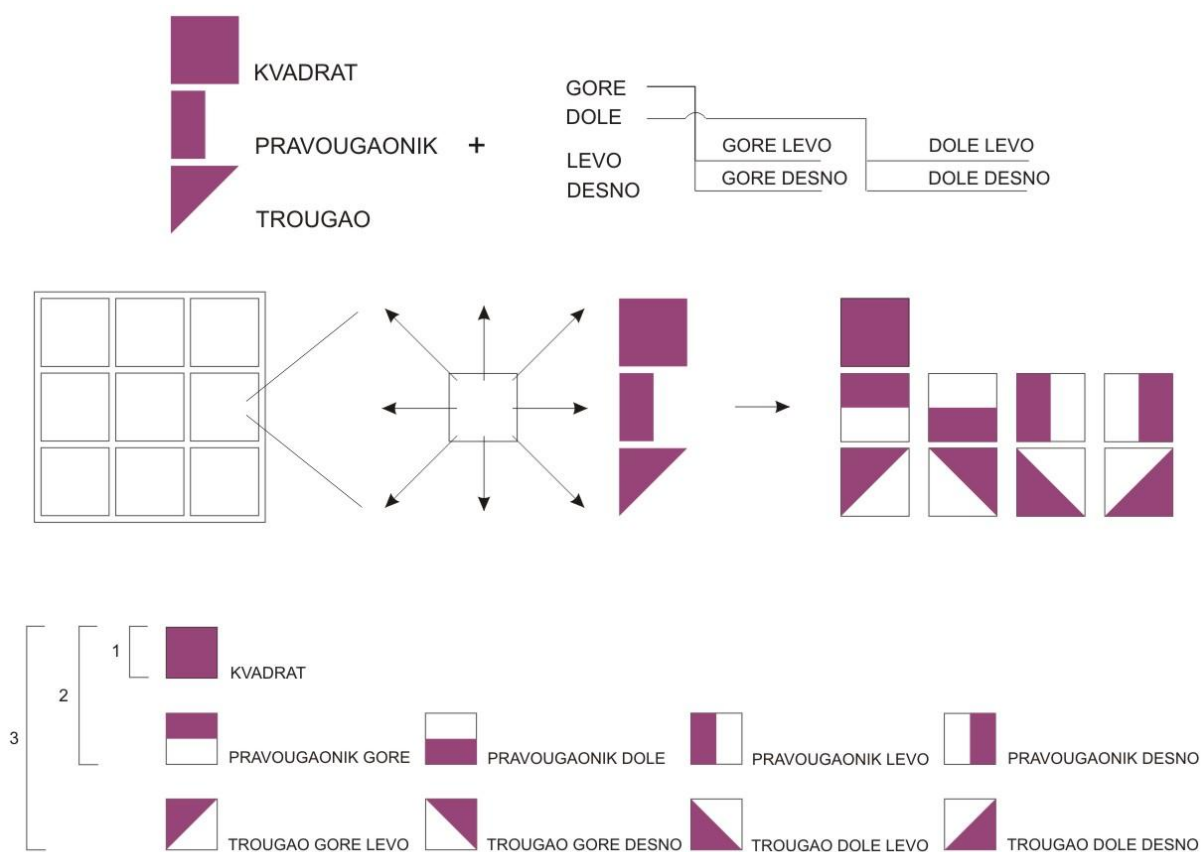
Тестирање реконструисаног прототипа

Тестирање је поново организовано у школи „Вељко Рамадановић“ у Земуну, са групом ученика са којом је обављено и претходно описано тестирање. Ученици су овога пута имали (кратког) искуства у игрању Луграма, са паузом између два тестирања која је трајала једно школско полугодиште. Ипак, њихова сећања су била изражена, што само потврђује да су им утисци са претходног тестирања остали упечатљиви јер су тада исказали велику заинтересованост за игру.

Запажањима и на основу њих изведеним закључцима са претходног тестирања додата су и следећа:

- у рачунарском програму треба омогућити понављање рада на већ решеном задатку,
- потребно је обезбедити да програм евидентира податке о испитанику, време утрошено за решавање појединачног задатка и број грешака које направи приликом решавања задатка,

и формирана је финална концепција прилагођеног мултимодалног Луграм-система за игру заснованог на тастатури као тактилном уређају (Слика 3.30).

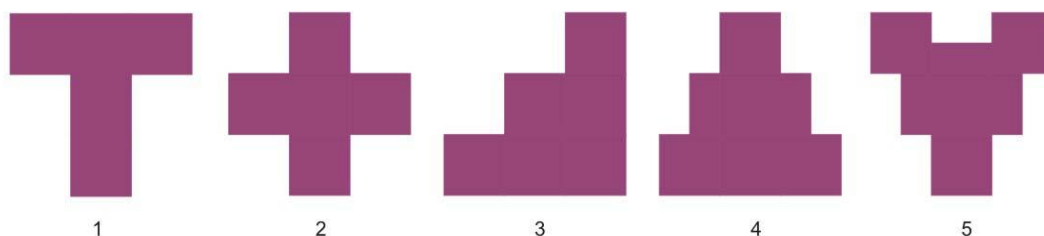


Слика 3.30 Концепција модификованог мултимодалног система за игру

Овом концепцијом је претпостављено да:

- у задацима за слепу децу број различитих саставних елемената не треба да буде већи од три: пун квадрат, правоугаоник и троугао,
- у задацима првог нивоа игре треба користити искључиво саставни елемент „квадрат“ и тиме оријентацију свести само на ниво матрице задатка,
- други ниво игре треба делимично да укључи оријентацију и унутар саставног елемента (лево-десно, горе-доле),
- на трећем нивоу игре задаци треба у потпуности да укључе и оријентацију (горе-лево, горе-десно, доле-лево, доле-десно) на нивоу саставног елемента.

Припремљено је пет Луграм-задатака предвиђених за финалну фазу тестирања. Почетна три задатка користе искључиво пун квадрат као саставни елемент, а четврти и пети задатак и правоугаоник.



Слика 3.31 Задаци предвиђени за финално тестирање

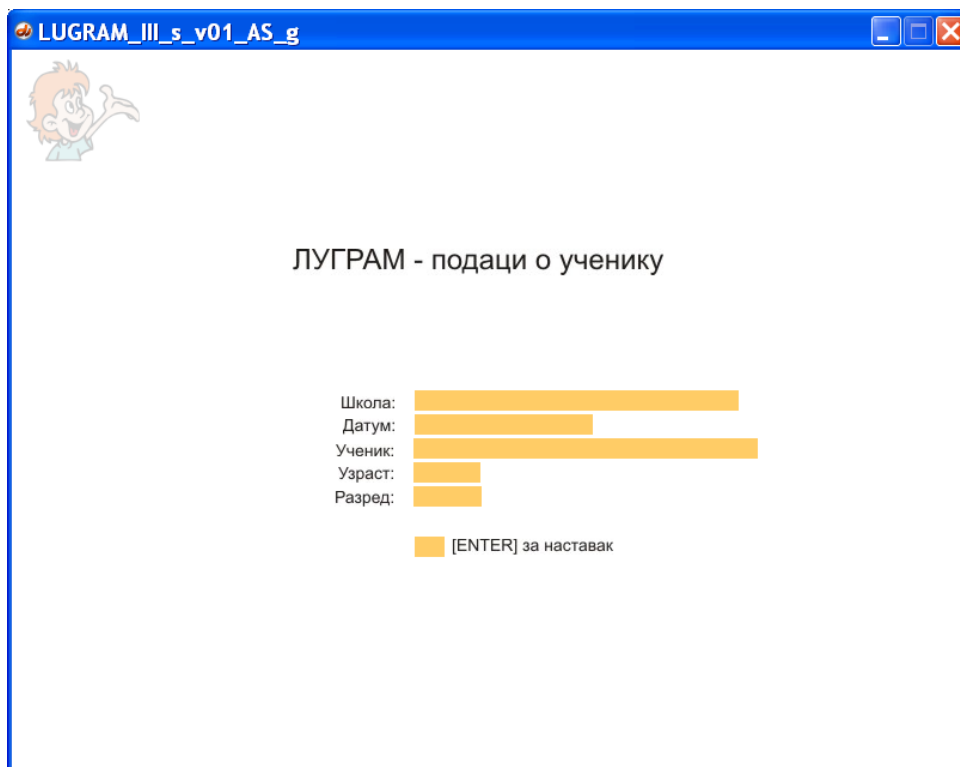
3.4.3 Завршно тестирање финалног прототипа заснованог на тастатури као тактилном уређају

Тестирање је, као и претходна, реализовано индивидуалним обликом рада са сваким испитаником из групе од шест ученика школе за ученике оштећеног вида „Вељко Рамадановић“. Ученици су имали потребно предзнање из геометрије, искуство у раду рачунаром, и осим недостатка вида нису имали других врста инвалидитета. Били су истог узраста као и ученици из претходно тестиране групе.

На основу искуства из већ изведених тестирања истакнути су још једном фактори који би могли значајно да утичу на успех у игри:

- моторичке способности ученика,
- корелација тактилни модел - нумеричка тастатура,
- индивидуална способност меморисања распореда саставних елемената у матрици задатка,
- усвајање појмова горе-доле и лево-десно,
- степен концентрације код ученика и
- унутрашња мотивација ученика.

Реконструисана Луграм апликација је поред података о ученику, бележила и податке о решавању задатка: број нивоа игре, број задатка, утрошено време, број направљених грешака.



Слика 3.32 Унос података о ученику који учествује у тестирању

Део контролног *Lingo-script*-а којим програм податке о решавању задатка записује у *TXT* датотеку:

```
member("stoperica2").text=string(the long time)
vremekraj=the ticks/60
trajanje=(vremekraj-vremestart)/60
trajanje2=(vremekraj-vremestart)-(trajanje*60)
member("stoperica3").text=string(trajanje) & ":" & string(trajanje2)
member("br_gr").text=string(brgr1)
member("stoperica2").text=" Skola: " & skola & " Datum: " & datum & "
Ucenik: " & igrac & " Uzrast: " & uzrast & " Razred: " & razred & " Nivo
igre: " & nivoigre & " Zadatak broj: " & brzad & " Utroseno vreme: " &
member("stoperica3").text & " Broj gresaka: " & brgr1
setPref("Test-"+string(igrac)+"-"+string(nivoigre)+"-
"&string(brzad)+"("&string(pokusaj)&")"&("("&string(ppokusaj)&")"),
member("stoperica2").text
```


Организација финалног испитивања

Уведени су и показатељи за праћење врсте помоћи која се пружа ученицима - помоћ наставника-инструктора („*teacher help*“) и помоћ тактилног модела игре („*tactile help*“).

„*Teacher help*“ је дефинисан као помоћ особе која види и означава је да постоји ако је ученику била пружена помоћ од стране наставника-инструктора при тумачењу вербалних описа саставних елемената и њихових позиција у матрици задатка, или приликом моторичких радњи ученика током „читања“ тактилног модела задатка. „*Tactile help*“ је означава да постоји када год би ученик посегао за „читањем“ тактилног модела задатка (Lučić et al., 2015).

Ученик је од стране наставника-инструктора пре почетка рада упознат са тактилним моделом Луграма и вербалним описима саставних елемената. Обуку за тактилно читање изгледа саставног елемента и матрице задатка пратило је тумачење синтаксе говорних порука којима су представљени. Објашњена је веза између издвојеног нумеричког дела тастатуре и матрице задатка. Ученик је упознат са начином на који програм задаје задатак. Почетни задатак је подразумевао присуство обе врсте помоћи и коришћен је као саставни део уводне обуке за упознавање ученика са игром. Тестирање је трајало један школски час по испитанику.

Резултати

Табела 3.1 Резултати тестирања почетна три задатка (само квадрат)

	Задаци											
	1				2				3			
	t	tactile help	teacher help	err	t	tactile help	teacher help	err	t	tactile help	teacher help	err
1	2:38	Y	Y	3	1:52	Y	Y	2	2:56	N	N	4
2	3:11	Y	Y	4	3:10	Y	N	3	3:35	N	N	4
3	2:48	Y	Y	3	2:43	Y	Y	2	2:50	Y	N	3
4	3:50	Y	Y	5	3:40	Y	Y	5	3:20	Y	N	4
5	2:45	Y	Y	2	2:33	Y	Y	3	2:58	Y	N	3
6	2:28	Y	Y	3	2:29	Y	N	2	2:19	N	N	5

Табела 3.2 Резултати након увођења правоугаоника

	Задаци							
	4				5			
	t	tactile help	teacher help	err	t	tactile help	teacher help	err
1	4:24	Y	Y	5	4:11	Y	N	7
2	4:27	Y	Y	6	6:17	Y	N	5
3	4:39	Y	Y	5	4:50	Y	Y	5
4	6:12	Y	Y	7	5:48	Y	Y	4
5	5:40	Y	Y	3	4:45	Y	N	5
6	4:56	Y	Y	3	4:29	Y	N	6

Анализа резултата и дискусија

Прелиминарна тестирања су показала да за први сусрет слепог ученика са Луграмом треба припремити једноставне задатке. Прилазни концепт финалном тестирању је то предвидео и донео само једну, најједноставнијом језичком конструкцијом описану врсту саставног елемента у почетна три задатка, како би се ученик што лакше упознао са игром. Задатак првог корака у обучавању ученика да самостално игра Луграм јесте да упозна распоред позиција матрице задатка. Језичка конструкција говорне поруке која даје информацију о позицији у матрици је зато крајње једноставна. Одсуство помоћи наставника у решавању трећег задатка говори да је тај циљ у доброј мери остварен јер информација о потреби за асистенцијом тактилног модела код половине испитаника говори да потпуна самосталност у игрању, подржана само говорним описом задатака и говорним упутствима, још увек не постоји.

Вербални описи саставног елемента који садржи правоугаоник: „правоугаоник лево“, „правоугаоник десно“, „правоугаоник горе“, „правоугаоник доле“, укључују термине „горе“, „доле“, „лево“ и „десно“. Без обзира на дата уводна објашњења пре почетка играња, уведени термини везани за оријентацију ипак су збунили ученике и била им је неопходна помоћ и додатно објашњење наставника.

Да ће четврти задатак увођењем описаног новог саставног елемента унети додатну тешкоћу и изазвати неопходност помоћи наставника и тактилног модела, било је практично унапред познато. Природно је онда да се након такве констатације постави питање сврхе самог теста. Фактори који утичу на резултате испитивања указују да се ради о веома високом степену индивидуалног у поступку испитивања и да због тога постоји потреба да се то провери у сваком појединачном случају. Са друге стране, вредности показатеља везане за пети задатак говоре да су ученици у већем броју четврти задатак доживели као изазов, а не као непремостиву препреку, одредивши се за самосталан рад у петом задатку. Потпуно присуство помоћи тактилног модела и у петом задатку намеће питање зашто није припремљен и шести којим би покушало да се провери да ли ће бар један испитаник у том кораку покушати у потпуности да игра Луграм искључиво као *audio game* верзију. Потребно је имати у виду чињеницу да је тестирање обављено у оквиру трајања једног школског часа и да је број задатака томе био прилагођен. Финални прототип Луграма предвиђа три нивоа сложености задатака, по приказаном концепту, при чему сваки ниво садржи пет задатака. Ако се претходни ниво игре посматра као ниво обуке и учења да би се играо наредни, по представљеној концепцији мултимодалног ситета за игру, може се очекивати ефекат „шестог задатка“ када се буде радио комплетан циклус почетне обуке, постепено, базиран на свих петнаест задатака.

Укупан број појмова (речи) геометријског и навигационог карактера сведен је на минимум. Речи којима се граде језичке конструкције за представљање саставних елемената и њихових позиција у матрици задатка, како саме по себи тако и у оквиру синтагме у којој учествују, активни су стимулуси менталне активности играча, и једини када играч Луграм игра искључиво као *audio game*.

Присуство помоћи тактилног модела у решавању петог задатка, код сваког испитаника, указује на неопходност мултимодалног приступа обуци и упућује на закључак да се потпуна самосталност ученика у коришћењу софтверске аудио верзије може очекивати тек након постепеног, дужег Луграм-тренинга и већег броја самостално решених задатака.

Закључак

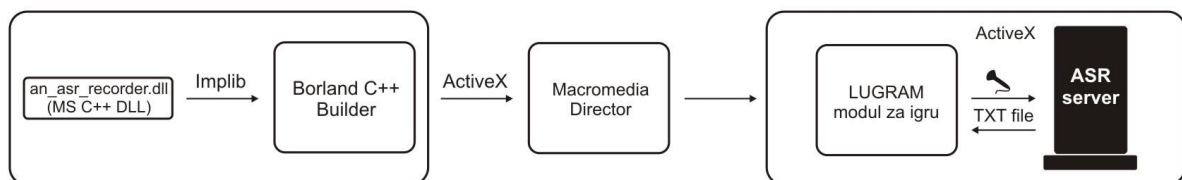
Резултати обављених тестирања прототипа заснованог на функционисању тастатуре као тактилног уређаја за управљање игром, показују да хипотезе истраживања којима се претпоставља да ће прилагођена мултимодална верзија Луграма бити доступна слабовидој и слепој деци и моћи да се користи за њихову обуку за самостално играње софтверском аудио верзијом игре, могу бити прихваћене.

Ипак, и уводна и финална тестирања су показала да се тактилно „читање“ задатака мора унапредити у ефикасније тактилно претраживање. Ученицима је било потребно омогућити да тактилно „читање“ задатака врше користећи истовремено прсте обе шаке (Јаблан и др., 2010), не одвајајући их од тактилног модела ни у моменту када желе да одиграју потез у игри (упуте наредбу рачунарском програму). Управо у тренутку у којем је требало да одигра потез у игри, ученик је прекидао физички контакт са тактилним моделом, бар једном руком, а често и у потпуности, а при обуци, нарочито почетној, то негативно утиче на успешност у решавању задатка јер долази до нарушавања (или прекида) везе тактилног модела задатка и његове менталне представе у глави ученика. Ако се Луграм игра употребом тастатуре као тактилног уређаја, описане услове ефикасније тактилне претраге задатака није било могуће обезбедити.

Наведени проблем је актуелизовао питање потребе за ангажовањем додатне софтверске или хардверске подршке Луграму. Први корак у правцу решавања проблема односио се на укључивање додатне софтверске подршке, технологије за српски језик.

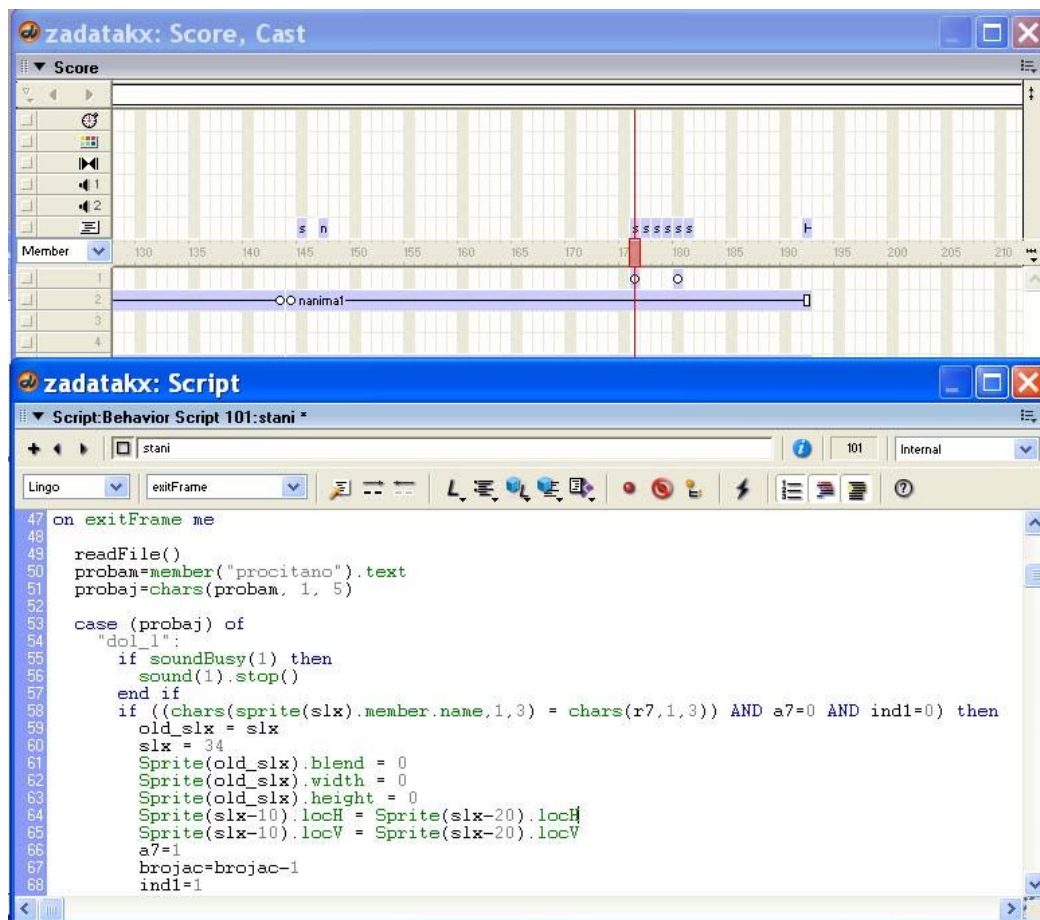
3.4.4 Увођење говорне интеракције корисник - Луграм

За управљање игром, уместо стандардне *PC* тастатуре наредни прототип Луграма користио је говорне наредбе на српском језику. Повезивање модула за игру са функцијом *Automatic Speech Recognition (ASR)* сервер апликације остварено је, за ту потребу креираном *ActiveX* контролом, уз посредовање стандардне текстуалне (*TXT*) датотеке. *ActiveX* контрола (креирана *Borland C++ Builder*-ом) је била неопходна за позивање *DLL* датотеке за комуникацију са *anASR* сервер апликацијом за српски језик (на истом рачунару или (сервер) рачунару на мрежи) и Луграм модула за игру (*Macromedia Director*).



Слика 3.33 Припрема *ActiveX* контроле Луграм модула за игру

Размена података описане *ActiveX* контроле и *Macromedia Director* апликације остварена је посредством *TXT* датотеке која садржи код изговорене наредбе. *Macromedia Director* апликација наведеној *TXT* датотеци приступа ангажовањем *FileIO Extra* екстензије (*FileIo.x32*, део стандардног инсталационог пакета *Director-a*), путем наредби *writeFile()* и *readFile()* у оквиру ауторски прилагођеног *FileIO* скрипта позваног из ауторског *Lingo* скрипта за контролу тока игре.



Слика 3.34 Time-line Director-a - позив *ActiveX* контроле

Контрола прекида *Director* филма је постала сложенија увођењем позива и опозива *ActiveX* контроле у оквиру које се ангажује *anASR* сервер апликација и контролише правилност изговорене говорне наредбе у складу са припремљеном граматиком (*Lugram_command_v1.bnf*):

```

key_word1 = ALFA;

command1 = POLJE | NIVO | ZADATAK;
command1_1 = JEDAN | DVA | TRI | CHETIRI | PET | SHEST | SEDAM | OSAM
| DEVET | NULA;
command2 = VRATI | PREKINI;
command2_1 = NAZAD | PROGRAM | ZADATAK | NIVO | IGRU;
command3 = OSLOBODI | PORUKE | PONOVI;
command3_1 = ZADATAK | NIVO | IGRU | KRATKO | POTPUNO | PONOVO;

```

```

rule1 = $key_word1 $command1 $command1_1;
rule2 = $key_word1 $command2 $command2_1;
rule3 = $key_word1 $command3 [$command3_1];

do = $rule1 | $rule2 | $rule3;
main = [$do];

```

Попут језичких конструкција за саставне елементе Луграм-задатака, говорне наредбе ове верзије Луграма су кратке (три речи) и једноставне, а корисник их изговара после звучног сигнала који га обавештава да треба да изговори наредбу. Наредбе садрже обавезну (кључну) реч *Алфа*.

Почетак игре:

Алфа поруке кратко (искључује читања детаљнијих упутстава за игру)
Алфа поруке потпуно (укључује читања детаљних упутстава за игру)

Избор нивоа игре:

Алфа ниво један (два, три)

Алфа поруке поново (понавља читање упутства за игру у овој фази игре)
Алфа ослободи ниво (откључава већ одиграни ниво игре)
Алфа прекини програм (зауставља рад програма)

Избор задатка:

Алфа задатак један (два, три, четири, пет)

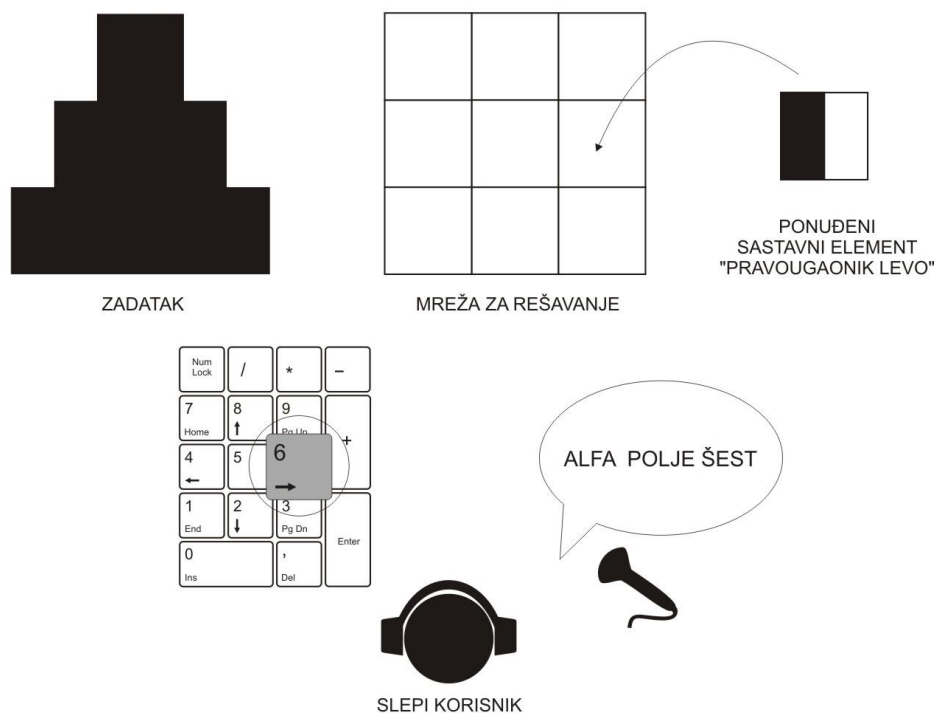
Алфа врати назад (враћа на избор нивоа игре)
Алфа прекини програм (зауставља рад програма)
Алфа ослободи задатак (откључава већ решени задатак)
Алфа поруке поново (понавља читање упутства за игру у овој фази игре)

Решавање задатка:

Алфа поље један (два, три, четири, пет, шест, седам, осам, девет)
(поставља понуђени саставни елемент на одговарајуће место у мрежи)

Алфа поље нула (прекида рад и враћа на избор задатака)
Алфа понови задатак (понавља читање описа фигуре-задатка)
Алфа поруке поново (понавља читање упутства за игру у овој фази игре)
Алфа врати назад (враћа на избор задатака)

Пример издавања говорне наредбе при решавању једног од задатака („*Задатак број четири; Фигура задатак; Поље 1: квадрат, Поље 2: квадрат, Поље 3: квадрат, Поље 4: правоугаоник десно, Поље 5: квадрат, Поље 6: правоугаоник лево, Поље 7: празно поље, Поље 8: квадрат, Поље 9: празно поље*“) приказан је на *Слици 3.35*.



Слика 3.35 Лигра са *anASR* подршком – потез играча

Пилот тестови су успешно извршени у условима употребе кућне рачунарске конфигурације (*desktop PC* са инсталираним *OS Windows XP SP2*, уз стандардне слушалице са микрофоном), са више говорника, одраслих особа. Након тога је тестирање обављено са ученицима четвртог разреда ОШ „20. октобар“ у Сивцу, почетком 2013/14. школске године. Организовано је са три групе од по седам ученика, индивидуалним обликом рада са сваким од испитаника. За тестирање су поред већ описане рачунарске опреме коришћени миксета и професионални микрофон.

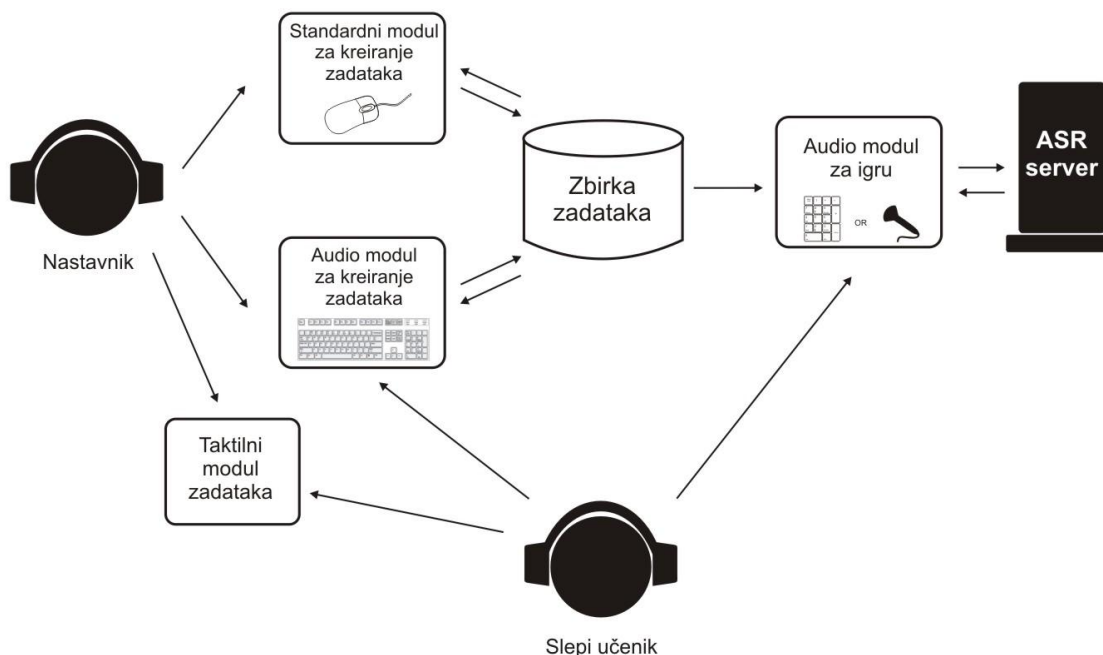


Слика 3.36 Лигра са интегрисаном *anASR* подршком - уводно тестирање организовано са децом која виде (Lučić et al., 2015)

Тестирањем је проверавана успешност *anASR* апликације у препознавању говорних наредби изговорених дечјим гласом, реакција деце на нови начин интеракције са модулом за игру и функционисање самог прототипа Луграма. Успешност *anASR* апликације је била задовољавајућа. До непрепознавања изговорене наредбе је долазило у случају „дрхтања“ гласа говорника (због узбуђења и треме), „шушкања“ у изговору или других проблема изазваних мањом говорном маном или другим утицајима (зубном протезом на пример).

Након тестирања у редовној основној школи, тестирање је успешно реализовано и у школи за ученике оштећеног вида, „Вељко Рамадановић“ у Земуну, крајем првог полугодишта школске 2013/14. године, у готово истим условима када је употребљена рачунарска и аудио опрема у питању. Тестирање је обављено индивидуалним обликом рада са сваким учеником из групе од пет ученика, по узрасту вршњацима ученицима из групе обухваћене тестирањем у редовној основној школи. Примењене су методе рада и праћења рада установљене кроз претходна тестирања са слепом децом.

Процент непрепознатих изговорених наредби се у описаним пилот тестирањима са децом која виде и са слепом децом, истог узраста (десетогодишњаци), кретао у распону 15-35%. Кључну (обавезну) реч *Алфа*, коју је користила примењена верзија *anASR* сервер апликације, ученици су доживели као обраћање рачунару по имену, што је их је додатно мотивисало да се потруде за што успешнију комуникацију са рачунаром.



Слика 3.37 Луграм - мултимодални приступ (Lučić et al., 2015)

Повезивање софтверске верзије Луграм модула за игру са функцијом *anASR* сервер апликације је отворило ново поглавље у раду на прилагођењу рачунарске игре Луграм особама са инвалидитетом, развоју мултимодалног концепта Луграма (Слика 3.37) и Луграма као система за игру уопште. За наредни корак истраживања одабрано је даље унапређење говорне интеракције корисник - Луграм.

Први корак ка увођењу говорног дијалошког подсистема

Језичке конструкције на којима се заснива неvizуелно представљање елемената игре и елементарна управљивост говорним наредбама, зачетак су говорне интеракције корисник - Луграм. Луграм и корисник би требало да се споразумевају својеврсним Луграм-језиком који подразумева активну улогу *ASR* и *TTS* технологије за српски језик. Пилот фаза испитивања могућности говорне дијалошке подршке модулу за игру, покренута је са идејом да на крају тог развоја интеракција постане блиска слободној комуникацији на српском језику.

Уводним тестовима је планирано испитивање да ли претпостављена граматика настала из искустава стечених током обуке слепих ученика за играње Луграмом, одговара понашању, недоумицама и начину постављања питања ученика (играча) у тренутку када треба да постави понуђени саставни елемент на одговарајуће место у матрици за решавање. У ту сврху, за први тест (као и у случају тестирања претходних прототипа), са децом која виде и већ познају Луграм, припремљена је почетна верзија проширене Луграм-граматике (*Lugram_command_v2.bnf*):

```
key_word1 = ALFA;

command1 = POLJE | NIVO | ZADATAK;
command1_1 = JEDAN | DVA | TRI | CHETIRI | PET | SHEST | SEDAM | OSAM
| DEVET | NULA;

command2 = VRATI | PREKINI;
command2_1 = NAZAD | PROGRAM | ZADATAK | NIVO | IGRU;

command3 = OSLOBODI | PORUKE | PONOVI | POMOZI | POMOCC ;
command3_1 = ZADATAK | NIVO | IGRU | KRATKO | POTPUNO | PONOVO;

command4 = KOLIKO | DA | SHTA | NA | SMEM | DAJ | KOJA | KOJU | KAKVU
| KAKVA | GDE;
command4_1 = IMAM | SAM | LI | JE | SU | CCE | MI | AKO | KOJA |
GRESHAKA | POMOCC | POLJA | PRAZNA | SLOBODNA | POPUNJENA | (DO SADA)
| (DO SAD);
command4_2 = GRESHAKA | SMEM | SU | SE | SAM | BITI | BUDE | DA |
ODIGRAO | ODIGRALA | POPUNIO | POPUNILA | PUNO | POPUNJENO | SLOBODNO
| SLOBODNA | PRAZNO | POGRESHITI | POGRESHIM | POLJA | KORISTIM |
IMAM | POMOCC | POPUNJENA | PRAZNA | TROUGLOVI | KVADRATI |
PRAVOUGAONICI | (DO SADA) | (DO SAD);
command4_3 = GRESHKA | GRESHAKA | POGRESHITI | POGRESHIM | NAPRAVIO |
NAPRAVILA | ODIGRAO | ODIGRALA | ELEMENT | PRAZNA | POPUNIO |
POPUNILA | ZAUZETO | ZAUZETA | POPUNJENA | SLOBODNA | DESITI |
DOGODITI | POLJA | (AKO POGRESHIM) | (DA POGRESHIM) | (DO SADA) | (DO
SAD) ;
command4_4 = POLJA | (DO SADA) | (DO SAD) | NAPRAVIO | NAPRAVILA |
POPUNIO | POPUNILA | ODIGRAO | ODIGRALA;
command4_5 = (DO SADA) | (DO SAD) | NAPRAVIO | NAPRAVILA | POPUNIO |
POPUNILA | ODIGRAO | ODIGRALA;

rule1 = $key_word1 $command1 $command1_1;
rule2 = $key_word1 $command2 $command2_1;
rule3 = $key_word1 $command3 [$command3_1];
rule4 = $key_word1 $command4 $command4_1 [$command4_2] [$command4_3]
[$command4_4] [$command4_5];
```



```
do = $rule1 | $rule2 | $rule3 | $rule4;

main = [$do];
```

са идејом да подржи ограничени, унапред припремљени дијалог корисник-систем, замишљен у виду говорне комуникације која користи следећи скуп питања и одговора:

КОРИСНИК:

Алфа, која су поља празна?

Алфа, где су празна поља?

СИСТЕМ:

(ако у мрежи задатка нема празних поља)

У задатку ниједно поље није наведено као Празно поље.

(ако у мрежи задатка има празних поља)

У задатку су следећа поља наведена као празна поља: поље ____, поље ____, ...

КОРИСНИК:

Алфа, где су квадрати?

СИСТЕМ:

(ако у мрежи задатка има елемената типа квадрат)

У задатку се елементи типа квадрат налазе на следећим пољима: поље ____, ...

(ако у мрежи задатка нема елемената типа квадрат)

У задатку нема елемената типа квадрат.

КОРИСНИК:

Алфа, где су правоугаоници?

СИСТЕМ:

(ако у мрежи задатка има елемената типа правоугаоник)

У задатку се елементи типа правоугаоник налазе на следећим пољима: поље ____, ...

(ако у мрежи задатка нема елемената типа правоугаоник)

У задатку нема елемената типа правоугаоник.

КОРИСНИК:

Алфа, где су троуглови?

СИСТЕМ:

(ако у мрежи задатка има елемената типа троугао)

У задатку се елементи типа троугао налазе на следећим пољима: поље ____, , ...

(ако у мрежи задатка нема елемената типа троугао)

У задатку нема елемената типа троугао

КОРИСНИК:

Алфа, која су поља слободна?

Алфа, где су слободна поља?

СИСТЕМ:

На следећа поља треба поставити одговарајући саставни елемент: поље ____, ...

КОРИСНИК:

*Алфа, која сам поља попунио?
Алфа, која сам поља попунила?
Алфа, шта сам попунио?
Алфа, шта сам попунила?
Алфа, шта сам одиграо?
Алфа, шта сам одиграла?*

СИСТЕМ:

*(ако није постављен ниједан саставни елемент)
У мрежу за решавање задатка још није постављен ниједан саставни елемент.*

(ако у мрежи за решавање има постављених саставних елемената)

До сада су попуњена следећа поља:

поље ___ саставни елемент, поље ___ саставни елемент, ...

КОРИСНИК:

*Алфа, шта ако погрешим?
Алфа, шта ће бити ако погрешим?
Алфа, смем ли погрешити?
Алфа, смем ли да погрешим?
Алфа, да ли смем да погрешим?*

СИСТЕМ:

*(ако нема грешака)
До сада није било грешака. Настави тако.*

(број грешака мањи од 8)

Ако направии грешку, неће бити достигнут максималан број грешака.

(ако је број грешака 1, 2, 3 или 4)

До сада је(су) направљено(направљене) _____ грешака(грешке).

(ако је број грешака већи од 4, а мањи од 8)

До сада је направљено пет(шест) грешака. Обрати пажњу! Када направии девет грешака програм ће те вратити на избор задатака.

До сада је направљено седам грешака. Обрати пажњу! Можеш да направии још само једну грешку која неће прекинути решавање задатка.

(ако је број грешака 8)

До сада је направљено осам грешака. Не смеи више грешити. Наредна грешка прекида решавање задатка и враћа те на избор задатака.

КОРИСНИК:

*Алфа, колико имам грешака?
Алфа, имам ли грешака?
Алфа, колико сам грешака направии?
Алфа, колико грешака сам направии?
Алфа, колико сам грешака направила?
Алфа, колико грешака сам направила?*

СИСТЕМ:

(ако нема грешака)

До сада није било грешака. Настави тако.

(број грешака мањи од 8)

Ако направиш грешку програм неће прекинути решавање задатка јер неће бити достигнут максималан број грешака.

(ако је број грешака 1, 2, 3 или 4)

До сада је(су) направљено(направљене) _____ грешака(грешке).

(ако је број грешака већи од 4, а мањи од 8)

До сада је направљено пет(шест) грешака. Обрати пажњу! Када направиш девет грешака програм ће те вратити на избор задатака.

До сада је направљено седам грешака. Обрати пажњу! Можеш да направиш још само једну грешку која неће прекинути решавање задатка.

(ако је број грешака 8)

До сада је направљено осам грешака. Не смеиш више грешити. Наредна грешка прекида решавање задатка и враћа те на избор задатака.

у тренутку када слепи корисник жели да постави понуђени саставни елемент на одговарајуће место у мрежу за решавање задатка. У ситуацијама које подразумевају већи број могућности за формулисање питања од стране корисника, препознавање ће се, у наредним верзијама прототипа, вршити регистравањем потребног броја кључних речи које се односе на питања која су сценариом предвиђена за дату ситуацију у игри.

За сада се реакција (одговор) система емитује из унапред снимљених датотека, са идејом да у наредним верзијама систем буде способан, за почетак, да „прочита“ већ припремљене одговоре (користећи *TTS*), а у завршној фази развоја и да их сам креира користећи базу за говорну комуникацију и искуство претходних дијалога које је имао са корисницима.

Анализа резултата пилот тестирања проширене Луграм-граматике

Процент непрепознатих изговорених наредби састављених од три речи (граматика *Lugram_command_v1.bnf*), приликом тестирања изведеног са ученицима четвртог разреда (десетогодишњаци), кретао се у распону 15-35%. Тестирање исте Луграм-граматике, изведено са групом од шест ученика другог разреда (редовна основна школа, осмогодишњаци, три дечака и три девојчице), донело је израженије непрепознавање које се кретало у распону 20-50%. Наведена група ученика је потом тестирала проширену Луграм-граматику (*Lugram_command_v2.bnf*).

Више него што је то био случај при тестирању *Lugram_command_v1.bnf*, до изражаја су дошли специфичности тајминга, брзине, интонације, нагласка и формулације реченица у говору ученика. Процент препознатих изговорених питања и наредби је значајно опао у односу на онај који се односио само на кратке наредбе састављене од три речи. Кретао се нешто изнад 20% (у једном од мерења забележена је вредност од 21,62% (Табела 3.3)).

Табела 3.3 Резултати тестирања једног броја питања и наредби које подржава *Lugram_command_v2.bnf*

Ученик	Питање	Број покушаја	
		препознато	није препознато
1	<i>Алфа, која су поља празна?</i>		5
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>	1	6
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		3
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	1	4
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>		4
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>	1	6
2	<i>Алфа, која су поља празна?</i>		3
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>	2	2
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		4
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	1	5
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>	1	4
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>	1	8
3	<i>Алфа, која су поља празна?</i>		4
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>	1	
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		4
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	1	3
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>	1	
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>		8
4	<i>Алфа, која су поља празна?</i>	1	3
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>		
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	1	5
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>	1	5
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>		5
5	<i>Алфа, која су поља празна?</i>		2
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>	1	3
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		3
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	3	2
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>	3	
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>	3	2
6	<i>Алфа, која су поља празна?</i>	1	2
	<i>Алфа, где су празна поља?</i>	1	2
	<i>Алфа, дај ми празна поља.</i>		
	<i>Алфа, где су квадрати?</i>	2	3
	<i>Алфа, где су троуглови?</i>	1	4
	<i>Алфа, колико имам грешака?</i>	3	2
		32	116

Да ли наведени приступ моделирању говорног дијалога може да се примени у развоју говорног дијалогског подсистема Луграма, утврдиће се након више сличних тестова. Уводна тестирања са осмогодишњацима и десетогодишњацима су показала да успешност *anASR* апликације у препознавању дечијег говора, зависи од узраста говорника.

Закључак

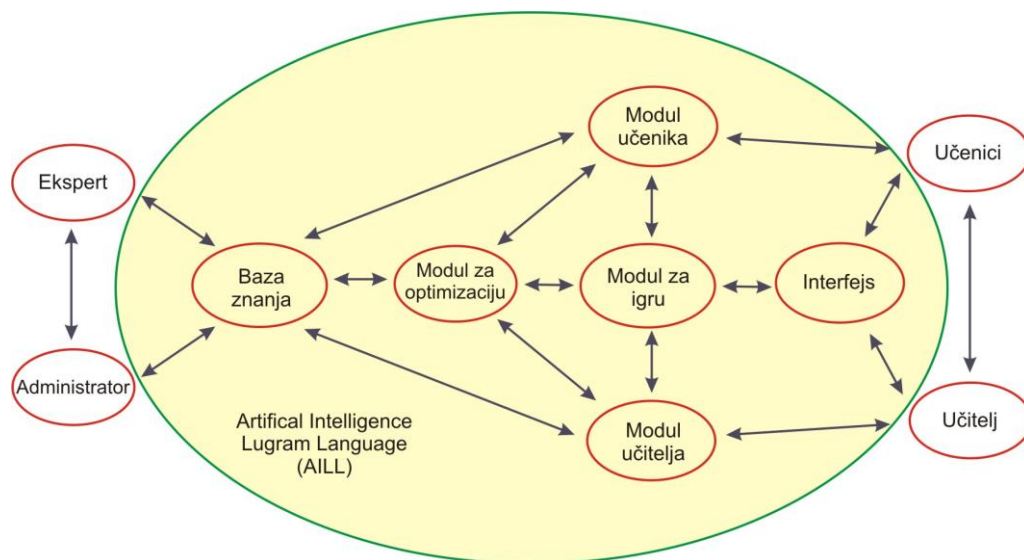
Успешно успостављање управљања Луграмом говорним наредбама на српском језику (основна *ASR* функционалност), када су говорници деца (основци узраста осам и десет година), додатно је поткрепило одлуку о прихватању хипотезе истраживања, посебно у делу који се односи на употребљивост мултимодалног прототипа за потребе обуке. Стварањем услова за ефикасно тактилно претраживање („читање“) тактилног модела Луграм-задатка, омогућена је чврста веза тактилног модела задатка са његовом менталном интерпретацијом у глави ученика, што доприноси ефикасности усвајања вербалних интерпретација саставних елемената слагалице, који ће у фази самосталног коришћења аудио верзије игре, бити једина информација на основу које ће ментална слика проблема који се решава бити стварана.

4. Планови за naredna istraživanja

Планови за даљи развој и примену система за образовну игру Луграм у областима редовног и специјализованог образовања конвергирају ка заједничкој основи, асистивном Луграм-*ITS*-у (интелигентном турском систему) који би требало да подржи нове методе примене Луграма у обе области. Тежи се Луграму као систему за игру чија ће функција моћи да се прилагоди широком кругу корисника и различитим условима функционисања.

4.1 Идејни концепт даљег развоја Луграм-*ITS*-а

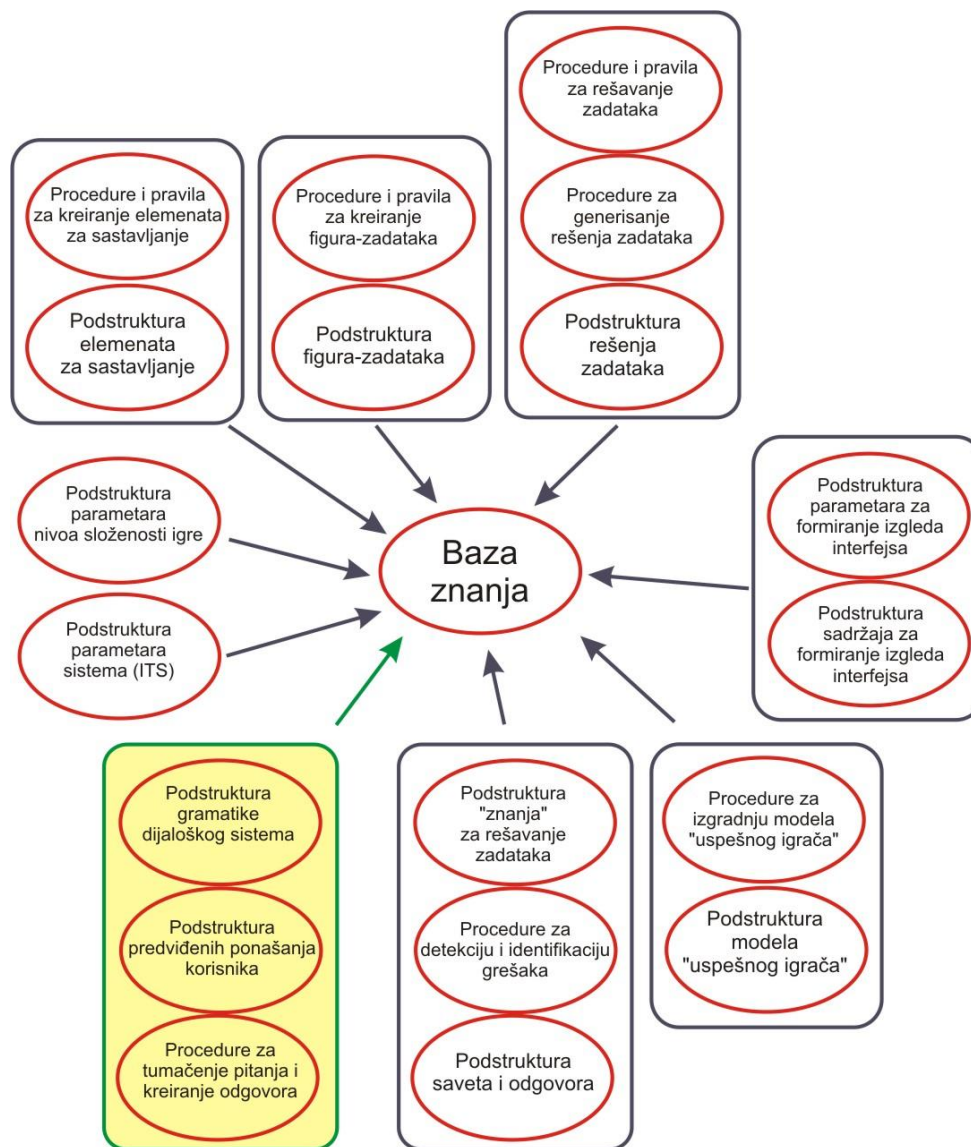
Луграм-*ITS* је замишљен као *coaching* систем који прати ток игре и по ученој потреби или по захтеву играча укључује образовни садржај (поруке о грешкама, савете, предлоге, примере...) узимајући у обзир могућности и способности играча, уз присуство инструктора или без њега. Остварена елементарна *ASR* подршка модулу за игру подстиче идеју за креирање Луграм-*ITS*-а подржаног дијалошким подсистемом који ће омогућити потпуну говорну интеракцију играча и система.



Слика 4.1 Говорна комуникација у оквиру Луграм-*ITS*-а

„Саветовање“ играча са системом би требало да прерасте у флексибилан „разговор“ у оквиру креираног *Artificial Intelligence Lugram Language (AILL)* (Слика 4.1), како у току решавања задатака, тако и у „дискусији“ након решавања задатка и анализе снимљеног материјала и класификације и систематизације прикупљених информација.

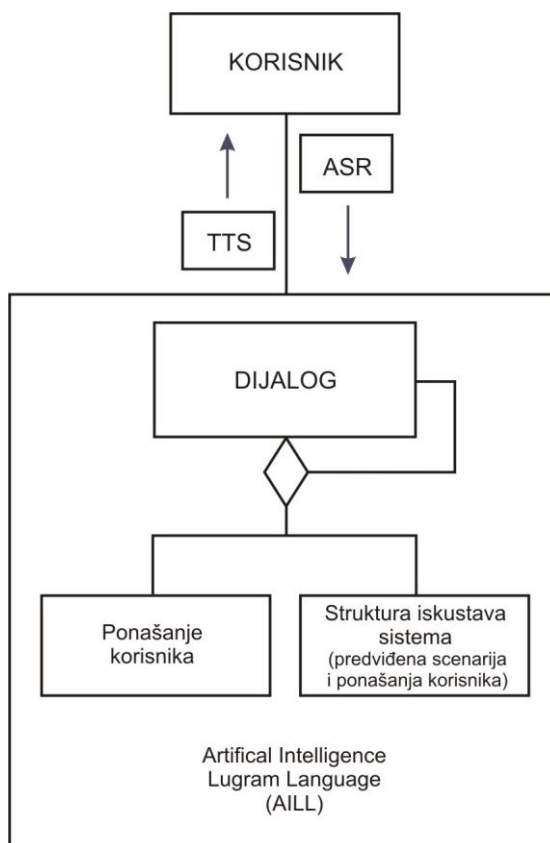
Функција говорног дијалогског подсистема Луграма ће се ослонити на искуства и досадашње резултате развоја говорног дијалогског система на српском језику (Tasevski et al., 2014, Borovac et al., 2014, Gnjatović and Mišković, 2015) и подразумева структурално и процедурално проширење базе знања (Слика 4.2) уз континуирано ажурирање или њено повезивање на ширу базу дијалогског система за српски језик.



Слика 4.2 Проширење базе знања Луграм-ITS-а

Проблем који се јавља при пројектовању дијалогског говорног система односи се, генерално, на тешкоћу предвиђања свих ситуација у којима се систем може наћи у оквиру реалног сценарија (Levin et al., 2000), чиме су условљени структура и садржај питања, савета, одговора, фраза и других елемената скупа којим систем описује очекивану говорну комуникацију корисник-систем, у односу на стварну која ће се десити. Из приказаног примера покушаја првог корака ка остварењу дијалога корисник-Луграм, претходно описани проблем јасно уочљив, а исто тако и тешкоће његовог решавања.

Параметри система треба да омогуће процену начина вођења, степен слободе и број учесника дијалога (Brusk, 2014). Процедуре за праћење рада система ће ажурирати базу знања резултатима произашлим из говорне комуникације корисник - систем.



Слика 4.3 Луграм дијалог

Истраживања (Evgeniadis et al., 2013) показују да се проценат грешака при *ASR*-ом подржаној интеракцији са рачунаром, код предшколаца креће у распону 20-30% у зависности од тога да ли су у питању шестогодишњаци или петогодишњаци. Када су деца узраста 7-14 година у питању, у истраживањима (Potamianos and Narayanan, 2007, Yildirim et al., 2011) се наглашава да је акустично моделирање за *ASR* велики изазов због спектралне и временске варијабилности у дечјем говору и да интегрисаност акустичних, лексичких и контекстуалних информација обезбеђује бољу класификацију експериментално добијених резултата. Анализе резултата указују на разлику вербалне интеракције дете - машина од интеракција дете - дете, дете - (одрастао)човек, човек - човек и човек - машина.

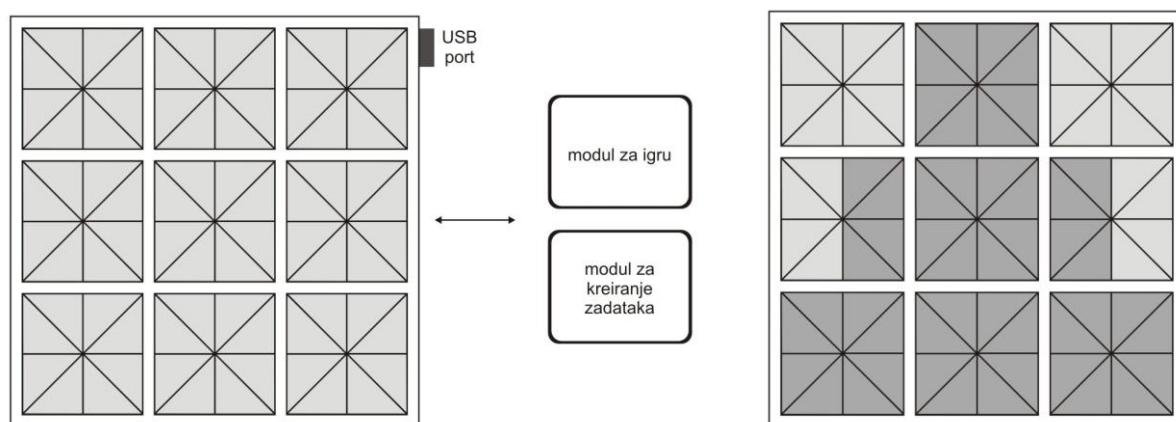
Способност система за игру Луграм да кроз говорни дијалог саветује корисника како да дође до решења задатка, требало би да га приближи нивоу самосталног „Луграм-тренера“, попут дијалогских система „саветника“ за доношење одлука (McMahan, 2010). Тежиће се увођењу што веће флексибилности у дијалог (Cuayáhuítl et al., 2012) у наредним верзијама, односно што природнијој говорној комуникацији. На крају обуке саветодавни дијалогски подсистем би био искључен и комуникација враћена на основни ниво: потез играча - реакција система.

4.2 Аутоматизовани тактилни модул

Луграм обука подразумева и активну подршку тактилним моделом за игру. Како би Луграм постао софтверски систем за игру који обуку за самостално коришћење аудио верзије врши без помоћи човека-инструктора, неопходно је обезбедити аутоматизовану спрегу софтверског и тактилног задавања задатака.

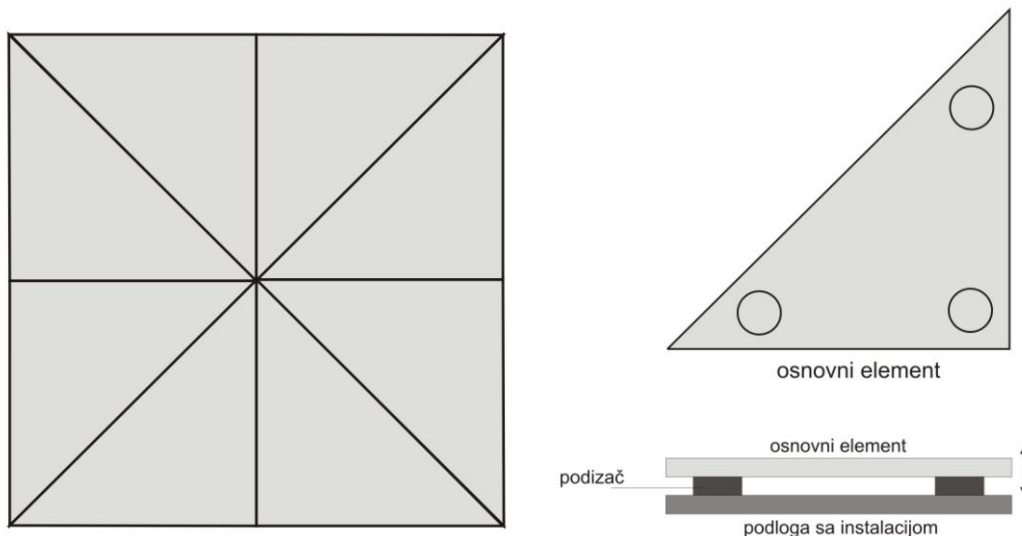
Приликом прилагођења Луграма слабовидој и слепој деци, првенствено се водило рачуна да прототип не захтева додатна улагања од корисника или да евентуално захтева минимална улагања у рачунарску опрему и друга средства као подршку Луграм-обуци (управо тактилни модул за игру). Када је циљ постигнут (тастатура је довољна као тактилни уређај за играње Луграмом), анализирани су могућности додатне софтверске и хардверске подршке Луграму. Први корак у том смеру је представљала верзија описаног софтверског Луграм модула за игру подржаног *ASR* сервер апликацијом за српски језик.

За спрегу софтверског и тактилног задавања задатака, без посредовања човека-инструктора, неопходна је додатна хардверска подршка. Уз додатну хардверску подршку систем за игру би тактилне моделе задатака могао сам да задаје. Овде ће бити представљена идеја за израду аутоматског „тактилног Луграм асистента“ у облику софтверски управљиве Луграм тактилне табле повезане са рачунаром и Луграм модулима.



Слика 4.4 Аутоматизована тактилна табла и пример постављеног задатка

У овом случају Луграм би се сврстао у групу игара за коју су потребна додатна новчана улагања, за разлику од основне верзије за коју корисници употребљавају само стандардну рачунарску опрему. Реализација идеје представља изазов за организовање тимског рада на развоју и истраживању које ће за циљ имати потпуну функционалност замишљеног Луграм-помагала.



Слика 4.5 Јединично поље матрице и његов основни управљиви елемент

Применом приказаног хардверског додатка (Слике 4.4 и 4.5) тактилни модел задатка би аутоматски био на располагању ученику одмах по учитавању задатка у софтверски модул за игру. Инструктор више не би био неопходан у процесу обуке играча. Обуку би могао да надгледа директно путем мониторинга који систем нуди или одложено прегледањем журнала система.

4.3 Аудио верзија модула за креирање задатака

Стандардним модулом за припрему задатака може да рукује само особа која види, а искуства стечена приликом креирања говорних садржаја модула за игру су говорила да је могућа и израда прототипа аудио-модула за креирање задатака.

Креирање додатног скупа датотека са говорним садржајем (50 говорних порука у укупном трајању од 5,5 минута) попримило је рутински карактер с обзиром на искуство стечено у раду на прилагођењу модула за игру и употребу *TTS* апликације *Алфанум Снежана*. За разлику од стандардног модула за игру креираног *Macromedia Director*-ом, модул за креирање задатака је креиран *Borland C++ Builder*-ом. Говорне поруке аудио модул за креирање задатака чита позивањем софтверске апликације *Windows Media Player*, па је због брзине учитавања датотека говорних порука коришћен некомпримовани, *WAV* формат датотека (не поседују сви потенцијални корисници рачунарске конфигурације којима брзина учитавања компримованих формата аудио датотека не би представљала проблем и изазивала кашњење емитовања говорне поруке).



Слика 4.6 Интерфејс аудио-модула за креирање Луграм-задатака

За управљање прилагођеним аудио-модулом за креирање задатака за сада је предвиђена искључиво тастатура као тактилни уређај. Ангажован је знатно већи број типки у односу на модул за игру. На пример: функцијске типке од *F1* до *F5* се користе за покретање записа садржаја креираних задатака у датотеку, а избор активности за рад врши се притиском на издвојене типке стрелица и потврђује притиском на типку *Enter*. Аудио-модул за креирање задатака користи део говорних садржаја наслеђених из модула за игру, и низ нових, на пример: „Притиснута је типка *F5*. У току је запис садржаја задатка број 5 на чврсти диск рачунара“, „Изабран је ниво број три. Притисни *Enter* ако желиш приказ задатака.“ ... (Лучић и Вујновић Седлар, 2012).

Планирано је тестирање модификованог модула за креирање задатака, у реалним околностима, са одраслим слепим особама које савладају Луграм-обуку и слепим ученицима који такође буду савладали Луграм-обуку и постали самостални играчи Луграма. У прототипу овог модула је јасно наглашена потреба за помоћи особе која види, у фазама записивања и читавања задатака. Наведени делови апликације функционишу још увек као и у стандардном модулу за креирање задатака.

Тестирање у реалној пракси помоћи ће у проналажењу решења које ће омогућити слепом кориснику да ту активност обави потпуно самостално кроз дијалог са системом. Тај дијалог се, на основу постигнутих првих резултата у увођењу говорне интеракције корисник - Луграм, може унапредити управо у комуникацију говорним наредбама.

4.4 Истраживање нових метода примене Луграма у образовању

Поређење стандардне Луграм-обуке и обуке Луграм-ITS-ом

Описаним унапређењем Луграм-ITS-а стичу се услови за организовање истраживања у оквиру којег ће бити поређена обука слепих ученика применом већ тестираног метода рада у којем улогу инструктора/тренера има човек и обука коју ће вршити Луграм-ITS као самостални тренер.

Како се ради о популацији код које је веома тешко успоставити иницијално стање равнотеже група или појединаца, због високо израженог степена индивидуалног код сваког појединца, поређење успешности Луграм-обуке би се извело тако што ће испитаници бити изложени обема методама обуке, а њихове реакције и напредак бити праћени и упоређивани. Изузетно, методе би могле бити примењене и паралелно у раду са испитаницима уједначених способности, ако се стручном анализом утврди да за то постоје услови. Циљ истраживања је да се, без обзира на исход поређења две методе, асистивни Луграм-ITS постави у улогу самосталног Луграм-тренера у реалној пракси. Претпоставља се да говорни интерактивни Луграм подржан аутоматизованим тактилним моделом може остварити интеракцију са слепим учеником на нивоу да је ученик не одбије и да га она неће обесхрабрити за даљи рад.

Образовни пројекат Луграм - реализација са слепим ученицима

Циљеви и задаци образовног пројекта Луграм представљају крупан изазов када је у питању рад са слепим ученицима. Искуства из развоја Луграм прототипа прилагођених слепој деци подстичу истраживача да покуша да утврди да ли је реализација таквог пројекта остварива, и ако се покаже да јесте, у којем временском периоду и којим методама и облицима рада. Усмеравање даљег развоја Луграма ка говорној интерактивности и аутоматизацији процеса обуке слепих ученика, охрабрује на такав подухват.

Примена Луграма методом вршњачког учења

Наставна пракса је потврдила да су ученици четвртог разреда способни да самостално креирају збирке Луграм-задатака. Циљ школског пројекта Луграм је да ученици четвртог разреда након реализације пројекта оставе збирку задатака наредним генерацијама и на тај начин даљем развоју пројекта и настави математике допринесу кроз својеврсно међугенерациско учење. Када буду оспособљени да самостално креирају Луграм-задатке, ученици би задатке могли задавати и једни другима, на часовима играња Луграмом или у оквиру школских такмичења у екипној и појединачној конкуренцији.

Наредно истраживање утицаја Луграма на постигнуће ученика у учењу геометрије могло би да се бави испитивањем да ли ученици који Луграм буду играли на један од претходно описаних начина имају више успеха у савладавању градива геометрије од ученика који се Луграмом играју на начин којим је он примењиван у досадашњим истраживањима у редовном образовању (Лучић, 2008, 2010).

4.5 Могућности примене осталих прототипа за слепу децу

Луграм игра навигацијом стрелицама замишљена је као прототип погодан за рад са децом која поред проблема са видом имају и моторичке проблеме руку (шаке) или имају само наведене моторичке проблеме, и за рад рачунаром могу да користе само специјализоване тастатуре или панеле које карактерише мали број крупних тастера (робустне тастатуре) (Слика 4.7). Када се такви тастери ставе у функцију типки стрелица стандардне тастатуре и *Enter*-а, то омогућава играње овом верзијом Луграма (на овом принципу организованим нагазним панелима, Луграм би могао да се игра и ногама).

Кретање по матрици за решавање Луграм-задатка и одигравање потеза, играч би извршавао притиском (или ударцем) на одговарајућу типку (тастер). За играње Луграмом су довољни расположиви тастери оваквих тастатура јер за сваки део игре може бити посебно програмирана њихова функција.



Слика 4.7 Робустна тастатура (Лазор и др., 2012) и *CyKey* (минималан број тастера)

Ако би се радило о моторичким сметњама које доводе у питање и употребу специјализоване тастатуре, наведена верзија се може подржати управљањем говорним наредбама.

Луграм игра тростепенe навигације говорним порукама и звучним ефектима дизајнирана је са идејом да буде подршка обуци слепе деце за сналажење у простору. Амбијентални звуци окружења у којем се деца свакодневно налазе би требало да буду основна информација о позицији саставних елемената који граде Луграм-задатак. Планирано је формирање аудио библиотеке кратких звучних записа на различите теме: звуци у саобраћају, звуци у школској згради, звуци у кући, звуци у парку, звуци на игралишту...

5. Закључна разматрања

Истраживачком методом низа тестирања прототипа, која су подразумевала спрегу тестова са децом која виде и децом оштећеног вида, омогућено је прикупљање информација и резултата на основу чије анализе је проистекао закључак да хипотезе којима се претпоставља да ће прилагођена верзија Луграма бити функционалан мултимодални прототип доступан и употребљив деци оштећеног вида, који може да се користи за њихову обуку да самостално користе аудио верзију Луграма, прихвате. Формирани концепт (модел) обуке базиран на искуству стеченом применом наведеног начина тестирања прототипа, покренуо је више питања и упутио на неколико праваца даљег истраживања.

Како је по свом концепту прилагођена верзија Луграма *аудио-тактилна игра*, описана истраживања су укључивала примену рачунарских говорних технологија. Реализација таквог правца развоја Луграма је започета креирањем говорних порука применом *TTS* технологије за српски језик, а настављена креирањем прототипа верзије подржане *anASR* сервер апликацијом за српски језик. Увођењем управљања говорним наредбама у прилагођене Луграм верзије, слепим корисницима је омогућено ефикасно тактилно претраживање тактилног модела Луграм-задатака чиме су унапређене могућности Луграм-обуке када је у питању формирање менталне слике Луграм-задатка у глави корисника, што је веома важан фактор који утиче на успешност решавања задатка.

Искуства стечена радом на прилагођењу Луграма потврђују закључке истраживача да је дизајнирање и тестирање оваквих врста игара, постепено и дуго (Eriksson and Gärdenfors, 2004). Постепено, корак по корак, успешно су дизајнирани прототипи спремни за тестирања у реалним условима, уз могућност да у њиховом развоју учествују и особе које се не баве програмирањем (наставници и ученици), по угледу на сличне приступе у обимнијим (тимским) пројектима (TIM IST-2000-25298, D12 Game function report, 2003). Мултимодални приступ раду са слепим ученицима се показао као неопходан, посебно на почетку обуке. Сличан приступ се среће у више истраживачких пројеката (Raisamo et al., 2007, Merabet and Sanchez, 2009, Sánchez and Elías, 2006), а има за циљ да се ученицима олакша ментална интерпретација задатака и касније решавање самосталном употребом рачунарских верзија.

У тестирањима спроведеним појединачно и у специјализованој школи за ученике оштећеног вида, учествовала су 3 слабовида и 19 слепих ученика. Финално тестирање обављено са групом од шест слепих ученика четвртог разреда је захваљујући, на основу претходно стеченог искуства, пажљиво одабраним Луграм-задацима, пружио кључне показатеље који су омогућили прихватање постављених хипотеза. Заинтересованост слепих ученика за Луграм је неспорна. Њихова жеља да се суочавају са новим Луграм задацима је била значајно изражена и када је била суочена са умором и деконцентрацијом изазваним дужим играњем. Посебно их, као и њихове вршњаке који виде, интересује да учествују у креирању задатака. Унапређење улоге слепих ученика од улоге играча до улоге креатора Луграм-задатака представља важан правац даљег истраживања. Постизање функционалности на нивоу креативности, за прилагођене верзије Луграма је посебан изазов и тестирањем прототипа модула за креирање задатака покушаће се дати одговор на њега.

Са оптимизмом се очекује фаза тестирања и реконструкције аудио верзије модула за креирање задатака. Очекује се да, као што је то био случај код примене стандардне верзије Луграма у редовној основној школи, наставници који буду примењивали аудио верзију система за игру Луграм, у коришћење аудио-модула за креирање задатака активно укључе и своје ученике.

Значајна карактеристика развоја мултимодалног система за образовну игру Луграм је да се одвија паралелно у областима редовног и специјализованог основношколског образовања. Резултати развоја у једној подстичу развој у другој области и обрнуто. Наведено се пре свега огледа у томе што резултати постигнути у примени Луграма у настави геометрије у редовној основној школи, мотивишу на улагање напора да се прилагођене верзије учине што функционалнијим и ефикаснијим како би се стекли услови да се сличан његов утицај оствари и у специјализованој настави геометрије слепој деци. Прихватање хипотеза описаних истраживања у редовној разредној настави, произашло је након истраживачког поступка обављеног на узорку од 179 ученика (8 одељења) трећег разреда основне школе, методом експеримента са паралелним групама. У оквиру експерименталне групе ученика су формиране подгрупе тако да се могао посебно издвојити утицај софтверске и картонске варијанте Луграма на постигнуће у учењу геометрије. Уз посебан осврт на експериментални фактор (игру Луграм), чак и као на својеврстан паразитарни фактор истраживања (фактор који утиче на резултат истраживања фаворизовањем експерименталне групе временски дужим излагањем садржајима геометрије у односу на контролну групу, без обзира што се то ради искључиво кроз игру), статистичком обрадом резултата добијених испитивањем знања ученика у области геометрије, задацима објективног типа, утврђена је статистички значајна разлика у успеху у корист експерименталне групе. Утврђена статистичка значајност пораста успеха експерименталне групе је након анализе резултата приписана експерименталном фактору, игри Луграм. Постигнути резултат је мотивисао на развој верзија ове игре прилагођених деци оштећеног вида. Остварени циљеви истраживања и рада на развоју прототипа прилагођених деци оштећеног вида су, поред потврђене хипотезе да она могу користити прилагођену верзију Луграма, установили и посебан приступ развоју прилагођених верзија који карактерише својеврстан вршњачки утицај деце на тај процес. Ученици редовних основних школа су активно учествовали, и даље учествују у тестирању верзија намењених слепој деци, што као метод рада даје сигурност истраживачу на путу ка изналажењу решења да елементе Луграма што ефикасније приближи деци оштећеног вида. Од 92 ученика редовне основне школе (деца која виде), обухваћених реализацијом образовног пројекта Луграм, у пилот тестирањима прилагођених верзија Луграма учествовало је 55.

Успешна примена говорних технологија у верзијама Луграма прилагођеним деци оштећеног вида, подстакла је на њихову примену и у оквиру образовног софтвера намењеног редовној настави. Као пример се може навести софтверска апликација Троугао_III (Лучић, 2008) намењена за подршку обради наставне теме Троугао у трећем разреду основне школе. Резултати њене примене вредновани су кроз проверу статистичке значајности мерених постигнућа ученика у учењу геометрије, у истраживању организованом на нивоу групе основних школа општине Кула (Povović et al., 2012). Луграм_III је интегрисан у апликацију Троугао_III, а искуства из његове адаптације су примењена и на Троугао_III.

Прва фаза реконструкције, увођењем говорних порука као подршке већ присутним текстуалним садржајима, успешно је реализована и реконструисани Троугао_III је примењен у настави математике (ОШ „20. октобар“ у Сивцу) и представљен на конкурс за учитеље и наставнике основних школа „Дигитални час 2013“.

Успешно интегрисана функција *anASR* сервер апликације за српски језик у систем рачунарске игре Луграм и чињеница да је Троугао_III креиран истим софтверским алатом (*Macromedia director*), подстакли су на планирање сличне реконструкције у тој апликацији (Лукић и Вујновић Седлар, 2014).

Софтверски алат којим су креирани описани прототипи Луграма за слабовиду и слепу децу (*Macromedia Director*), садржи *TTS* екстензију за енглески језик (*Speech.x32*), која омогућава употребу наредбе *Speech("tekst poruke")* у скриптовима и елиминише потребу снимања говорних садржаја у датотеке и емитовање наредбом *sound().play()*. Да ли се може очекивати да се *Director*-у и сличним ауторским алатима прошири *TTS* подршка? Питање се може поставити и за *ASR*.

Могла би се очекивати додатна проширења/модули (попут претходно описаног) или увођење рутине које ће *TTS* и *ASR* подршку ауторским алатима учинити доступним путем рачунарске мреже.

Што се тиче развоја Луграма као мултимодалног асистивног система за игру који тежи да софтверски функционише као *ITS*, он би у будућности требало да буде ослоњен на софтверске алате који ће му поред функционисања на *Windows desktop* и *laptop/notebook* конфигурацијама, омогућити функционисање и на уређајима као што су *tablet* и *smartphone* (оперативни системи *Android*, *Windows mobile* ...).

Досадашњи напори за превазилажење наведеног проблема су се базирали на креирању Луграм *Web* апликација, из описаног коришћеног софтверског развојног окружења (*Macromedia Director*). Креиране на наведени начин, Луграм апликације (Луграм_III_online) су Интернет *browser*-има у потпуној интерактивној функцији доступне само као *DCR (Director Shockwave)* датотеке и за њихово читање је неопходан *Adobe Shockwave Player* који произвођач (за сада) није предвидео за *Android* и *Windows mobile*. Интернет *browser*-и лагано укидају подршку *NPAPI plugin*-има, па је обезбеђивању *Web* доступности Луграм апликација потребан нови приступ.

Постигнути резултати истраживања везаних за развој и примене мултимодалног система образовне игре Луграм, оправдавају тежњу за даље улагање напора у правцу његовог усклађивања са стандардима развоја у хардверској и софтверској области и покривања што шире палете рачунарских платформи на којима би оне могле да функционишу. Претходно наведени примери илуструју само неке од проблема који се тим поводом јављају. Наставак истраживачког рада на тему развоја и примене мултимодалног система Луграм би требало да понуди део одговора и на таква питања.

Планирани даљи развој структуре и процедура Луграм-*ITS*-а, усмерава га ка функцији асистивног система за образовну игру који ће моћи да се конфигурише тако да функционише у минималним условима опремљености корисника, а и да покаже максимум својих могућности када на располагању буде имао све потребне хардверске и софтверске ресурсе.

Може се очекивати да ће у будућности развој технологија намењених раду рачунарском мрежом доступним ресурсима, и установама које се баве образовањем понудити више могућности, а наредна истраживања и развој Луграму омогућити да заузме у оквиру тога своје место.

Литература

- Adamović, Ž., Nadrljanski, Đ. i Tomašević, M., „Metodologija naučno-istraživačkog rada statističke metode u istraživanju“, Univerzitet u Novom Sadu, Pedagoški fakultet u Somboru, 2007.
- Antonietti, A. and Colombo, B., „Mental Imagery as a strategy to enhance creativity in children“, *IMAGINATION, COGNITION AND PERSONALITY*, Vol. 31(1-2), pp. 63-77, 2011-2012.
- Archambault D. and Olivier D., „How to Make Games for Visually Impaired Children“, ACE 2005, Valencia, Spain, 2005.
- Archambault D., Burger D. and Sablé S., „Tactile Interactive Multimedia computer games for blind and visually impaired children“, *INSERM U483 / INOVA - Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire d'Informatique du Havre - Université du Havre*, 2001.
- Archambault D. and Burger D., „Tim (tactile interactive multimedia): Development and adaptation of computer games for young blind children“, *ERCIM WG UI4ALL & i3 Spring Days 2000 Joint workshop, Interactive Learning Environments for Children (Athens, Greece)*, 2000.
- Archambault D., Gaudy T., Miesenberger K., Natkin S. and Ossmann R., „Towards Generalised Accessibility of Computer Games“, *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, Lecture Notes in Computer Science Volume 5093*, pp. 518-527, 2008.
- Bengisu, M., „Assistive Technologies for Visually Impaired Individuals in Turkey“, *Assistive Technology, Volume 22, Issue 3*, pp. 163-171, 2010.
- Bertelle C., Dutot A. and Olivier D., „Active Objects to Develop Computer Games for Blind Children“, *3rd International Conference on Intelligent Games and Simulation (GAME-ON 2002)*, November 29-30, London, UK, 2002.
- Bertelle C., Dutot A., Lerebourg S., Olivier D. and Prevost G., „An Actor Architecture to Develop Games for Blind Children“, *4th International Conference on Intelligent Games and Simulation (GAME-ON 2003)*, November 19-21, London, UK, 2003.
- Bértolo H., „Visual imagery without visual perception“, *Psicológica*, 26, pp. 173-188., 2005.
- Bogges, J. and Harding, C., „Improving Introductory Calculus Education with 3-D Visualization and Virtual Touch (Haptics)“, *Computer and Computational Sciences, IMSCCS 2007. Second International Multi-Symposiums*, pp. 312–317, 2007.
- Borovac B., Delić V., Gnjatović M., Karan B., Raković M., Penčić M., Savić S., Nikolić M., Tasevski J. and Mišković D., „HUMANOID ROBOT MARKO - AN ASSISTANT IN THERAPY FOR CHILDREN“, *X međunarodni simpozijum ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA ZA PRIVREDU*, Beograd, 2014.
- Božović R., „Kulturni model saznanja“, *Ratko Božović i Društvo književnika Vojvodine*, www.dkv.org.yu/zgr/030/rbozovic.htm , 2004.
- Brodie, K.W., Carpenter, L.A., Earnshaw, R.A., Gallop, J.R., Hubbard, R.J., Mumford, A.M., Osland, C.D. and Quarendon, P., „Scientific Visualization, Techniques and Applications“, Springer, Berlin, 1992.

- Brusk J., „Steps Towards Creating Socially Competent Game Characters“, Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Linguistics, Department of Philosophy, Linguistics and Theory of Science, University of Gothenburg, 2014.
- Buad A., Svensson H., Archambault D., Burger D., „Multimedia Games for Visually Impaired Children“, Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Science Volume 2398, pp. 173-180, 2002.
- Carney S., Engbretson C., Scammell K. and Sheppard V., „Teaching Students with Visual Impairments“, A Guide for the Support Team, Saskatchewan Learning, Special Education Unit, 2003.
- Colven D. and Judge S., „Switch access to technology“, A comprehensive guide, ©2006 ACE Centre Advisory Trust and ACT (Access to Communication in Technology), Published by the ACE Centre Advisory Trust, 92 Windmill Road, Headington, Oxford, OX3 7DR, www.ace-centre.org.uk, First edition published June 2006.
- Cuayáhuatl H. and Kruijff-Korbayová I., „Dethlefs N., Hierarchical Dialogue Policy Learning Using Flexible State Transitions and Linear Function Approximation“, Proceedings of COLING 2012: Demonstration Papers, pp. 95–102, 2012.
- Cunningham, S., Grout, V. and Hebblewhite, R., „Computer Game Audio: The Unappreciated Scholar of the Half-Life Generation“, Audio Mostly Conference – a Conference on Sound in Games, Piteå, Sweden, October 11-12. 2006.
- Ćebić S., „Geometrija u školskoj nastavi matematike“, Inovacije u nastavi, Učiteljski fakultet, Beograd, XIX, 2006/2, str. 5-20, 2006.
- Davidović Glejzer G., „Geometrija u školi - problemi i rasuđivanja“, Nastava matematike, XLII 1-2, 1-6, 1996.
- Debre R., „Uvod u mediologiju“, Klio, Beograd, 2000.
- Delić V. and Vujnović Sedlar N., „Stereo Presentation and Binaural Localization in a Memory Game for the Visually Impaired“, In: Development of Multimodal Interfaces: Active Listening and Synchrony, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5967, pp. 354-363, 2010.
- Department for Education (www.education.gov.uk), „Teaching mental mathematics from level 5: Geometry“, The National Strategies | Secondary, Crown copyright 2009.
- Desurvire, H., Caplan, M. and Toth, J.A., „Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games“, Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems, Vienna, Austria, 2004.
- Dutot A., Olivier D. and Archambault D., „TL a Language to Create Games for Visually Impaired Children“, Computers Helping People with Special Needs, 8th International Conference, ICCHP 2002, Linz, Austria, July 15-20, 2002.
- Đokić O., „Uloga intuicije u nastavi geometrije“, Inovacije u nastavi, Učiteljski fakultet, Beograd, XIX, 2006/2, str. 21-26, 2006.
- Đukić M., „Didaktičke inovacije kao izazov i izbor“, Savez pedagoških društava Vojvodine, Novi Sad, 2003.

Elaine Jesso J., „Developing an iPad Accessibility and Usability Evaluation Tool for Teachers of Students with Visual Impairments“, A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARTS in The Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies (Special Education), THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, Vancouver, 2014.

Eriksson Y. and Gärdenfors D., „Computer games for children with visual impairments“, Proc. 5th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Oxford, UK, ICDVRAT/University of Reading, 2004.

Eriksson Y. and Gärdenfors D., „Computer Games for Partially Sighted and Blind Children“, Department of Art History and Visual Studies, Göteborg University, Project report from http://www.tpb.se/barnens_tpb/spel/projekt/report.html, 2006.

Evgeneiadis G., Kouloumenta V. and Potamianos A., „Analyzing Exploration and Exploitation Patterns in Multimodal Dialogue Games for Preschoolers“, FDG 2013 Workshop: Games for learning, Games for learning Workshop - Foundations of Digital Games conference, Crete, Greece, 2013. (<http://sirenproject.eu/content/fdg-2013-workshop-games-for-learning>)

Evreinov G., „Alternative Access: Feelings & Games 2005“, Proceedings, Department of Computer Sciences at the University of Tampere, 2005.

Fletcher, J.F. „Spatial representation in blind children 1: development compared to sighted children“, Journal of Visual Impairment and Blindness, Vol. 74, No. 10, pp. 318-385., 1980.

Friberg J. and Gärdenfors D., „Audio games: new perspectives on game audio“, Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, pp. 148-154, Singapore, June 3-5, 2004.

Gaudy T., Natkin S., Archambault D. and Pyvox 2, „An Audio Game Accessible to Visually Impaired People Playable without Visual Nor Verbal Instructions“, Transactions on Edutainment II, Lecture Notes in Computer Science Volume 5660, pp. 176-186, 2009.

Gaver W., „Auditory Interfaces“, In Handbook of Human-Computer Interaction. 2nd ed. Edited by M. Helander, T.K. Landauer, and P. Prabhu. Amsterdam: Elsevier., 1997.

Ghiani G., Paternò F., Santoro C., Spano L.D. and UbiCicero, „A location-aware, multi-device museum guide“, Interacting with Computers (2009) 21 (4): pp. 288-303, 2009.

Gittler G. and Glück J., „Differential Transfer of Learning: Effects of Instruction in Descriptive Geometry on Spatial Test Performance“, Journal of Geometry and Graphics, Vol. 2, No. 1, pp. 71-84, 1998.

Glass J.R., „Challenges for spoken dialogue systems“, Proceedings of IEEE ASRU Workshop, 1999.

Gnjatović M. and Mišković D., „Beyond Statistical Approaches to Context-Dependent Speech Recognition“, In Proc. of the Third International Acoustics and Audio Engineering Conference, TAKTONS 2015, Novi Sad, Serbia, pp. 40-41, 2015.

Gnjatović M. and Delić V., „A Cognitively-Inspired Method for Meaning Representation in Dialogue Systems“, Proc. of the 3rd IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2012, Kosice, Slovakia, pp. 383-388, 2012.

Gnjatović M., Tasevski J., Mišković D., Nikolić M., Borovac B. and Delić V., „Linguistic Encoding Of Motion Events In Robotic System, The 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2013), University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Paper No. T.4-1.2, pp. 1-5, May 15-17, 2013.

Gone Ž., „Obrazovanje i mediji“, Klio, Beograd, 1998.

Gouy-Pailler C., Zijp-Rouzier S., Vidal S. and Chêne D., „A Haptic Based Interface to Ease Visually Impaired Pupils' Inclusion in Geometry Lessons“, In: Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services, Lecture Notes in Computer Science, Volume 4556, pp. 598-606, 2007.

Hadžić, O. i Nikolić-Despotović, D., „Verovatnoća i matematička statistika“, centar za obrazovanje kadrova u društvenim delatnostima "J.J.Zmaj" Novi Sad, Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad, 1979.

Hamaguchi Y., Nagasaka D., Tamesue T., Itoh K., Shimizu M., Sugimoto M., Hashimoto M., Kayama M., „A Multimodal Board Game System Interface Using Finger Input for Visually Impaired Computer Users“, Universal Access in Human-Computer Interaction. Addressing Diversity, Lecture Notes in Computer Science Volume 5614, pp. 68-77, 2009.

Hersh Marion A. et al., „Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People“, Glasgow, Springer-Verlag London Limited, ch. 18, 2008.

Hill, E., Rieser, J., Hill, M., Hill, M., Halpin, J., and Halpin R. „How persons with visual impairments explore novel spaces: Strategies of good and poor performers“, Journal of Visual Impairment and Blindness, pp. 295-301, 1993.

http://www.ist.rit.edu/~cib/a-a_games.php

<http://skolaveljkoramadanovic.edu.rs/>

<http://www.alfanum.co.rs/>

International Game Developers Association: „Accessibility in Games: Motivations and Approaches“, http://www.igda.org/accessibility/IGDA_Accessibility_WhitePaper.pdf, 2009.

Jablan B. i Nataša H., „Servisna funkcija specijalne škole u redovnom sistemu obrazovanja dece oštećenog vida“, Naučni skup: NOVE TENDENCIJE U SPECIJALNOJ EDUKACIJI I REHABILITACIJI, Zbornik radova, Zlatibor, 2007.

Jablan B., Kovačević J. i Vujačić M., „SPECIFIČNOSTI POČETNE NASTAVE MATEMATIKE ZA DECU SA TEŠKOĆAMA U RAZVOJU U REDOVNIM OSNOVNIM ŠKOLAMA“, Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja, Broj 1, str. 165-184, Jun 2010.

Jablan B., Stanimirov K. i Grbović A., „Realnost i perspektiva inkluzivnog obrazovanja dece sa oštećenjem vida u našoj sredini“, Pregledni naučni rad, PEDAGOGIJA LXIV, 4, 2009.

Jarillo-Silva A., Dominguez-Ramirez O., Parra-Vega B. and Ordaz-Oliver J.P., „PHANToM OMNI Haptic Device: Kinematic and Manipulability“, Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, CERMA '09, 2009.

Jonsson E., „If Looks Could Kill – An Evaluation of Eye Tracking in Computer Games“, Master's Thesis in Human Computer Interaction (20 credits) at the School of Computer Science and Engineering, Royal Institute of Technology, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Stockholm, Sweden, Supervisor at Nada was Gustav Taxén, Examiner was Yngve Sundblad, 2005.

- Jukić S., „Nastava u kojoj učenik misli“, Viša škola za obrazovanje vaspitača, Vršac, 2001.
- Kamenov E., „Intelektualno vaspitanje kroz igru“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd, Svjetlost Sarajevo, III izdanje, 1989.
- Kaufmann H. and Schmalstieg D., „Mathematics And Geometry Education With Collaborative Augmented Reality“, Computers & Graphics, Volume 27, Issue 3, pp. 339-345, June 2003.
- Kaufmann H., Steinbügl K., Dünser A. and Glück J., „General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality“, In: Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: A Decade of VR, vol. 3, issued by: Interactive Media Institute; Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine, (invited), pp. 65-76., 2005.
- Kostić Ž.K., „Između igre i matematike“, Tehnička knjiga, Beograd, 1959.
- Krklijuš S., „Učenje u nastavi otkrivanjem“, Radnički univerzitet "Radivoj Ćirpanov", Novi Sad, 1977.
- Lahav O. and Mioduser D., „Blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping and orientation skills supported by virtual environment“, International Journal on Disability and Human Development, Volume 4, Issue 3, pp. 231-238, Jul 2005.
- Lazor M., Isakov M. i Ivković N., „Asistivna tehnologija u školi“, Škola za osnovno i srednje obrazovanje „Milan Petrović“ sa domom učenika, Novi Sad, 2012.
- Levin E., Pieraccini R. and Eckert W., „A Stochastic Model of Human-Machine Interaction for Learning Dialog Strategies“, IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING, VOL. 8, NO. 1, JANUARY 2000.
- Lipovac V., „Multimedijalne didaktičke igre u razrednoj nastavi“, Zbornik radova Savremene informatičke i obrazovne tehnologije i novi mediji u obrazovanju, Univerzitet u Novom Sadu, Učiteljski fakultet Sombor, 2004.
- Lučić B., „Obrazovni softver tipa obrazovana igra u nastavi matematike (primer geometrija) za učenike I-IV razreda osnovne škole“, magistarski rad, Pedagoški fakultet, Sombor, 2008.
- Lučić B., Ostrogonac S., Vujnović Sedlar N. and Sečujski M., „Educational Applications for Blind and Partially Sighted Pupils Based on Speech Technologies for Serbian“, The Scientific World Journal, Hindawi publishing corporation, 2015.
- Lučić B. i Vujnović Sedlar N., „Geometrijska slagalica LUGRAM - razvoj i primena“, 17. TELFOR, Beograd, Zbornik radova, str. 1363-1366, 2009.
- Lučić B., Vujnović Sedlar N. i Delić V., „Računarska igra LUGRAM - verzija za decu sa oštećenjem vida“, 17. TELFOR, Beograd, Zbornik radova, str. 1367-1370, 2009.
- Lučić B. i Lučić, S., „Mogućnosti timskog rada na razvoju obrazovnog softvera“, časopis Inovacije u nastavi, Beograd, XXIV, 2010/04, str. 126-131, 2010.
- Lučić B., Vujnović Sedlar N. i Delić, V., „Računarska igra LUGRAM - verzija za slepu decu“, 18. TELFOR, Beograd, Zbornik radova, str. 1173-1176, 2010.
- Lučić B. i Vujnović Sedlar N., „Primena govornih tehnologija u adaptaciji računarske igre Lugram za slepu i slabovidu decu“, DOGS, Iriški venac, Zbornik radova, str. 101-104, 2010.

- Lučić B. i Lučić S., „Primena računarske igre Lugram u nastavi matematike za učenike I-IV razreda osnovne škole“, TIO6. Međunarodni simpozijum - TEHNIKA INFORMATIKA I OBRAZOVANJE ZA DRUŠTVO UČENJA I ZNANJA, Čačak, Zbornik radova 2, str. 748-753, 2011.
- Lučić B., Vujnović Sedlar N. and Delić V., „Computer Game Lugram - Version for Blind Children“, Telfor Journal, Vol. 3, No. 1, pp. 54-59, 2011.
- Lučić B. i Lučić S., „Učenici u ulozi kreatora nastavnih medija“, časopis Inovacije u nastavi, Beograd, XXV, 2012/03, str. 120-128, 2012.
- Lučić B. i Vujnović Sedlar N., „Razvoj auditornog modula za kreiranje zadataka za obrazovnu računarsku igru Lugram“, DOGS, Kovačica, Zbornik radova, str. 158-161, 2012.
- Lučić B., Vujnović Sedlar N. i Delić, V., „Mogućnosti primene govornih tehnologija u razvoju obrazovnog softvera u školama“, 20. TELFOR, Beograd, Zbornik radova, str. 1468-1471, 2012.
- Lučić B., Vujnović Sedlar N. and Delić V., „Computer game Lugram – aid which contributes to education of blind and partially sighted children using speech technology“, The Second International Acoustics and Audio Engineering Conference, TAKTONS 2013, Novi Sad, Zbornik radova, str. 104-107, 2013.
- Lučić B. i Vujnović Sedlar N., „Govorne tehnologije za srpski jezik - primena u autorskom alatu“, DOGS (Digitalna Obrada Govora i Slike), Novi Sad, Zbornik radova, str. 23-26, 2014.
- Lumbreras M. and Sanchez J., „Interactive 3D sound hyperstories for blind children“, Proc. CHI'99, Pittsburgh, PA, USA, pp. 318-325., 1999.
- Magnusson, C., Rasmus-Gröhn, K., Sjöström, C. and Danielsson, H., „Navigation and Recognition in Complex Haptic Virtual Environments“ - Reports from an Extensive Study with Blind Users. Wall, S. A., Riedel, B., Crossan, A., and McGee, M. R., Edinburgh, UK, 2002.
- Marjanović M., „Neka razmatranja o nastavi matematike“, Nastava matematike, XLVIII 1-2, str. 10-16, 2003.
- Mason, J., „Exploiting Mental Imagery in Teaching & Learning Mathematics“, Actas ProfMat 2002 Conf 13, pp. 75-81., 2002.
- McMahan B., „An Automatic Dialog System for Student Advising“, Journal of Undergraduate Research at Minnesota State University, Mankato, Volume 10, 2010.
- Merabet L. B. and Sanchez J., „Audio-Based Navigation Using Virtual Environments: Combining Technology and Neuroscience“, AER Journal: Research and Practice in Visual Impairment and Blindness, Volume 2, Number 3, pp. 128-137, 2009.
- Mester G., Stanić Molcer P. and Delić V., „Educational Games“, 15th Chapter in the book Computer Games as Educational and Management Tools: Uses and Approaches, Ed: M.M.Cruz-Cunha, V.H. Carvalho and P. Tavares, IGI Global, pp. 247-262, 2011.
- Mihajlović A., „Razvijanje kreativnosti u početnoj nastavi matematike“, Inovacije u nastavi, Učiteljski fakultet, Beograd, str. 76-81, 2006.
- Moll J., Huang Y. and Sallnäs E., „Audio makes a difference in haptic collaborative virtual environments“, Interacting with Computers, Volume 22, Issue 6, pp. 544-555, November 2010.

Mužić V., „Metodologija pedagoškog istraživanja“, Zavod za izdavanje udžbenika, Sarajevo, 1968.

Nadrljanski Đ., „Obrazovni softver-hipermedijalni sistemi“, Univerzitet Novi Sad, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, 2000.

Olsen T., Procci K. and Bowers C., „Serious games usability testing: How to ensure proper usability, playability, and effectiveness“, HCII LCNS 6770, pp. 625-634., 2011.

Ostrogonac S., Popović B. and Mak R., „The Use of Statistical Language Models for Grammar and Semantic Error Handling in Spell Checking Applications for Serbian“, 12th International Conference on Electronics, Telecommunications, Automation and Informatics, ETAI 2015, Ohrid, Macedonia, 01/2015.

Ostrogonac S., Vujnović Sedlar N., Popović B., Sečujski M. and Pekar D., „An Educational Application Comprising Speech Technologies for Serbian Adapted to Visually Impaired Children - anMasterMind“, 4th International Conference on Information Science and Technology (ICIST), Kopaonik, Serbia, 01/2014.

Pekar D., Mišković D., Knežević D., Vujnović Sedlar N., Sečujski M. and Delić V., „Applications of Speech Technologies in Western Balkan Countries“, Source: Advances in Speech Recognition, Book edited by: Noam R. Shabtai, ISBN 978-953-307-097-1, Sciyo, Croatia, p. 164, September 2010.

Petrović N. i Pinter J., „Metodika nastave matematike“, Univerzitet u Novom Sadu, Pedagoški fakultet u Somboru, 2006.

Petukhova V., Gropp M., Klakow D., Schmidt A., Eigner G., Topf M., Srb S., Motliceck P., Potard B., Dines J., Deroo O., Egeler R., Mainz U. and Liersch S., „The DBOX Corpus Collection of Spoken Human-Human and Human-Machine Dialogues“, The LREC 2014 Proceedings, Reykjavik Iceland, European Language Resources Association (ELRA), 2014.

Pietrzak T., Pecci I. and Martin B., „Un logiciel d’exploration de schémas de circuits électriques basé sur l’API MICOLE. IHM 2007“, 19th French-speaking conference on Human-computer interaction, IRCAM, ACM Press, 4 pages, presented as demonstration, Paris, France, November 13-15, 2007.

Plass J.L., Homer B.D. and Kinzer C.K., „Playful Learning: An Integrated Design Framework“, Games For Learning Institute, White Paper # 02/2014, Version 0.1 December 10, 2014.

Pontelli E., Karshmer A. and Gupta G., „Mathematics and Accessibility“, The Universal Access Handbook, pp. 1-18. CRC Press, Boca Raton, 2009.

Popović V., Hilčenko S. and Jerković V., “EDUCATIONAL WEB PORTALS-THE FACTOR OF IMPROVING EDUCATIONAL PROCESS AT SCHOOL CLASSES”, IV. international congress of boarding schools, MODELS OF EDUCATION IN GLOBAL SOCIETY, Miscellany, Ljubljana, Slovenija, 29th and 30th of March 2012.

Potamianos A. and Narayanan S., „A Review of the Acoustic and Linguistic Properties of Children’s Speech“, Multimedia Signal Processing, MMSP 2007. IEEE 9th Workshop on, 2007.

Procci P., Chao A., Bohnsack J., Olsen T. and Bowers C., „Usability in Serious Games: A Model for Small Development Teams“, Computer Technology and Application 3, pp. 315-329, 2012.

- Prvanović S., „Metodika savremenog matematičkog obrazovanja u osnovnoj školi“, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1970.
- Raisamo R., Patomäki S., Hasu M. and Pasto V., „Design and evaluation of a tactile memory game for visually impaired children“, *Interacting with Computers*, Volume 19 Issue 2, Elsevier Science Inc. New York, NY, USA, pp. 196-205, 2007.
- Rasmus-Gröhn K., Magnusson C. and Efring H., „User evaluations of a virtual haptic-audio line drawing prototype“, In: McGookin, D., Brewster, S. (Eds.), *Proceedings of the 1st International Workshop HAID 2006*, LNCS 4129, Springer, pp. 81–91, Glasgow, UK, August 31–September 1, 2006.
- Rečicki Ž. i Girtner Ž., „Dete i kompjuter“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2002.
- Rouzier S., Hennion B., Pérez Segovia T. and Chêne D., „Touching geometry for visually impaired pupils“, *Proceedings of EuroHaptics 2004*, Munich Germany, 2004.
- Saarinen R., Järvi J., Raisamo R. and Salo J., „Agent-Based Architecture for Implementing Multimodal Learning Environments for Visually Impaired Children“, *ICMI'05, International Conference on Multimodal Interfaces*, October 04-06, 2005.
- Salamin P., Thalmann D. and Vexo F., „Visualization Learning for Visually Impaired People“, In: *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, Lecture Notes in Computer Science*, Volume 4469, pp. 171-181, 2007.
- Sanchez, J., „A Model to Design Multimedia Software for Learners with Visual Disabilities“, *INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING - PUBLICATIONS- IFIP*, NUMB 210, pp. 195-204, 2006.
- Sánchez J. and Elías M., „Blind Children Learning Science through Audio-Based Interactive Software“, *Proceedings of Interacción 2006*, Puertollano, Spain, pp. 591-600, November 13-17, 2006.
- Sánchez J. and Elías M., „Science Learning in Blind Children through Audio-Based Games“, *Engineering the User Interface*, pp. 1-16, 2009.
- Sánchez J. and Mascaró J., „Audiopolis, Navigation through a Virtual City Using Audio and Haptic Interfaces for People Who Are Blind“, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Users Diversity, Lecture Notes in Computer Science* Volume 6766, pp. 362-371, 2011.
- Sanchez J., Aguayo F. and Hassler T., „Independent Outdoor Mobility for the Blind“, 10/2007; In proceeding of: *Virtual Rehabilitation*, 2007.
- Sánchez J., Espinoza M. and Garrido J. M., „Videogaming for wayfinding skills in children who are blind“, *9th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, Laval, France, 10-12 Sept. 2012.
- Seissler M., Meixner G. and Breiner K., „Useware Dialog Modeling (useDM) Language“, *W3C Working Group Submission*, DFKI, 2012.
- Semenovich Vygotsky L., „Imagination and Creativity in Childhood“, *Journal of Russian and East European Psychology*, vol. 42, no. 1, pp. 7-97., 2004.

Sepchat A., Descarpentries S., Monmarché N. and Slimane M., „MP3 Players and Audio Games: An Alternative to Portable Video Games Console for Visually Impaired Players“, *Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Science Volume 5105*, pp. 553-560, 2008.

Sepchat A., Monmarché N., Slimane M. and Archambault D., „Semi Automatic Generator of Tactile Video Games for Visually Impaired Children“, *Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Science Volume 4061*, pp. 372-379, 2006.

Shimomura Y., „Multimodal User Interface Design Increasing Accessibility to Mathematics For Blind students“, University of Iceland, Reykjavik, Iceland, October 2005.

Shimomura Y., Thora Hvannberg E. and Hafsteinsson H., „Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry“, *Universal Access in the Information Society, Volume 12, Issue 2*, pp. 125-142, 2013.

Sjöström C. and Rasmus-Gröhn K., „The sense of touch provides new computer interaction techniques for disabled people“, *Technology and Disability 10(1) 45-52 IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 1999.*

Sjöström C., „Non-Visual Haptic Interaction Design Guidelines and Applications“, vol. Certec, Ph.D. Lund University, Lund, 2002.

Slavik J., „Modularnost u umetnosti“, <http://www.mi.sanu.ac.rs/~jablans/s-d3.htm>, (supported by the Research Support Scheme of the OSI/HESP, grant No. 85/1997.)

Sribunruangrit N., Marque C., Lenay C., Gapenne O. and Vanhoutte, C., „Braille box: analysis of the parallelism concept to access graphic information for blind people“, In: *Engineering in Medicine and Biology, 2002. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society EMBS/BMES Conference, 2002. Proceedings of the Second Joint*, vol. 3, pp. 2423–2425, 2002.

Stevens R.D., Edwards A.D.N. and Harling, P.A., „Access to mathematics for visually disabled students through multimodal interaction“, *Human Computer Interactions, 1997.*

Struiksma M.E., Noordzij M.L. and Postma A., „Reference frame preferences in haptics differ for the blind and sighted in the horizontal but not in the vertical plane“, *Perception 40(6)*, pp. 725–738, 2011.

Sweller J., van Merriënboer J. G. and Paas Fred G. W. C., „Cognitive Architecture and Instructional Design“, *Educational Psychology Review, Vol. 10, No. 3, 1998.*

Španović S., „Vežbanje kao individualizovana aktivnost u sistemu problemske nastave“, Učiteljski fakultet Sombor, 2000.

Tasevski J., Mišković D., Gnjatović M. and Borovac B., „Application of Human-Machine Interaction Model for Facial Expression of Humanoid Robot MARKO“, *DOGS, Novi Sad, Zbornik radova*, str. 35-38, 2014.

TIM, IST–2000-25298, Tactile Interactive Multimedia Computer Games for Visually Impaired Children, Deliverable N°: D12, Game function report, Contract Start Date: January 2001 Duration: 36 month, Project Co-ordinator: UPMC Université Pierre et Marie Curie, 2003.

Thinus-Blanc C. and Gaunet F., „Space representations in the blind : vision as a spatial sense“, *Psychological Bulletin, 121*, pp. 20-42, 1997.

Tubić T., „Od učenika do učenja“, Univerzitet u Novom Sadu, Učiteljski fakultet u Somboru, 2005.

Vilotijević M., Didaktika knjiga 3, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva i učiteljski fakultet, Beograd, 1999.

Vučinić V., Stanimirović D., Anđelković M. i Eškirović B., „Socijalna interakcija dece sa oštećenjem vida: rizični i zaštitni faktori“, Specijalna edukacija i rehabilitacija, Beograd, Vol. 12, br. 2. str. 241-264, 2013.

Walker B. N. and Lindsay J., „Using Virtual Environments to Prototype Auditory Navigation Displays“, Assistive Technology, Volume 17, Issue 1, pp. 72-81., 2005.

Wanko J. and Hawk G., „It Figures: Logic Puzzles Powered by Geometry“, Presented at the NCTM Annual Meeting, Indianapolis, Indiana, April 14, 2011.

Yildirim S., Narayanan S. and Potamianos A., „Detecting emotional state of a child in a conversational computer game“, Computer Speech and Language, pp. 29-44, 2011.

Zaphiris P. and Siang Ang C., „HCI issues in computer games“, Interacting with Computers 20 (3), pp. 386-405, 2008.

Zeng L., Miao M. and Weber G., „Interactive Audio-haptic Map Explorer on a Tactile Display“, Interacting with Computers, February 26, 2014.

Уџбеници и радни листови

Јоксимовић, С. и Влаховић, Б., „Математика за трећи разред основне школе“, Едука д.о.о., Београд, 2006.

Сотировић, В., Липовац, В. и Латковић М.: „Математика за 3. разред основне школе“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1999.

Сотировић, В., Липовац, В. и Латковић М.: „Математика за 3. разред основне школе“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2003.

Сотировић, В., Липовац, В. и Латковић М.: „Радни листови из математике за 3. разред основне школе“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2003.

Сотировић, В., Липовац, В. и Латковић М.: „Радни листови из математике за 3. разред основне школе“, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2004.

Стефановић, А.: Математика, „Уџбеник за трећи разред основне школе“, Креативни центар, Београд, 2005.

Тодоровић, О. и Анокић, П.: Математика, „Уџбеник за трећи разред основне школе“, Народна књига, Београд, 2005.

Прилози

- Прилог 1. Тест за иницијално испитивање знања из геометрије
- Прилог 2. Тест за финално испитивање знања из геометрије
- Прилог 3. Резултати иницијалног и финалног испитивања знања
- Прилог 4. Упитник за ученике (Лучић, 2008)
- Прилог 5. Образац за праћање тестирања прототипа за слабовиду и слепу децу

**ИНИЦИЈАЛНИ ТЕСТ
ИСПИТИВАЊА ЗНАЊА**

Бодовање

Задатак	Бодови
1.	2
2.	1
3.	2
4.	5
5.	3
6.	5
7.	5
8.	8
Укупно:	31

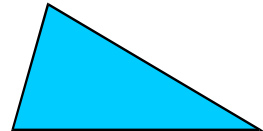
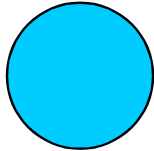
Оцењивање

Број бодова	оцена
0 - 11	1
12 - 16	2
17 - 21	3
22 - 26	4
27 - 31	5

Контролни задатак

Ученик: _____ одељење: _____

1) Именуј следеће геометријске фигуре:

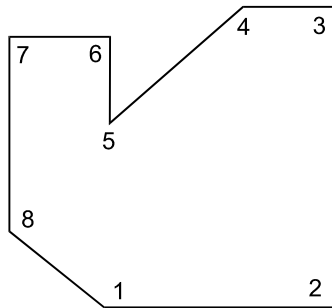


2) Која је изломљена линија дужа ?



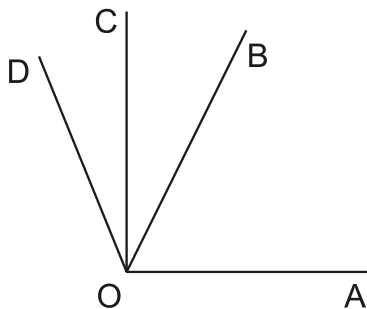
Дужа је линија _____

3) Пронађи праве углове на фигури:



Прави углови су обележени бројевима:

4) Погледај слику и запиши све :



праве углове _____

оштре углове _____

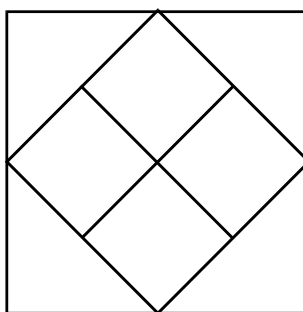
тупе углове _____

5) Израчунај обим правоугаоника чија је дужина 7cm а ширина 5cm.

6) Напиши колико дата фигура садржи:

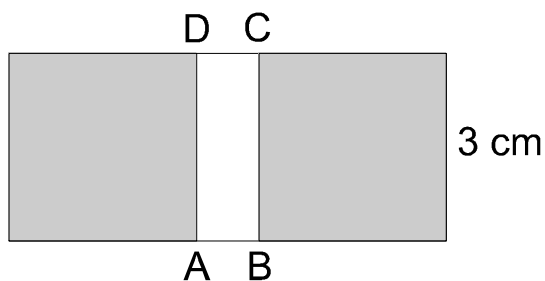
правоугаоника

квадрата



7) Ако је обим квадрата 16m одреди дужину његове стране у центиметрима.

8) У правоугаонику чије су странице 7cm и 3cm нацртана су два квадрата (шрафирана на слици). Израчунај обим фигуре ABCD.



**ФИНАЛНИ ТЕСТ
ИСПИТИВАЊА ЗНАЊА**

Бодовање

Задатак	Бодови
1.	2
2.	2
3.	3
4.	4
5.	3
6.	4
7.	5
8.	8
Укупно:	31

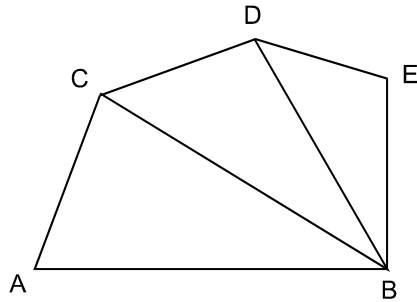
Оцењивање

Број бодова	оцена
0 - 11	1
12 - 16	2
17 - 21	3
22 - 26	4
27 - 31	5

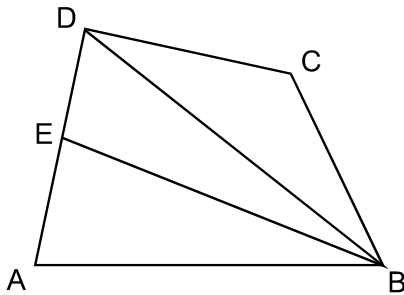
Контролни задатак

Ученик: _____ одељење: _____

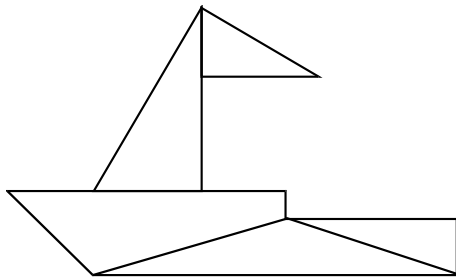
- 1) Напиши све троуглове који имају страницу BC .



- 2) Напиши све троуглове који садрже угао код темена A .



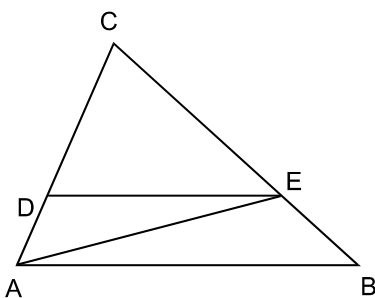
- 3)



- а) Колико троуглова видиш на слици ?

- б) Колико троуглова са слике има прав угао ?

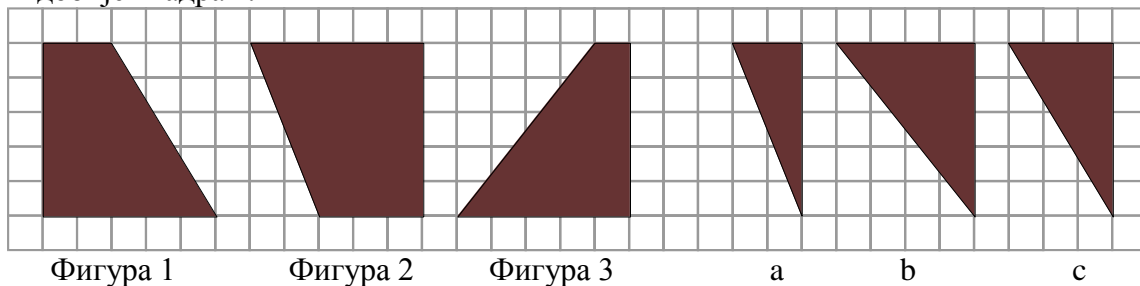
- 4)



- Колико троуглова учаваш на слици ?

- Највећи обим има троугао:

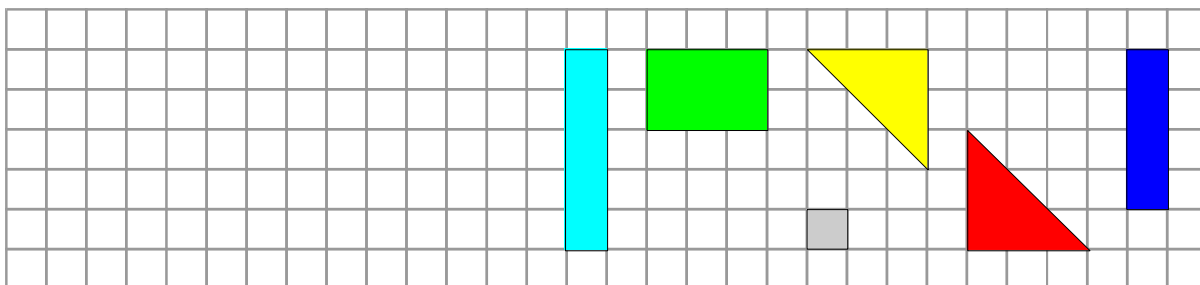
- 5) Сваку од фигура 1, 2 и 3 треба допунити одговарајућим троуглом тако да се добије квадрат :



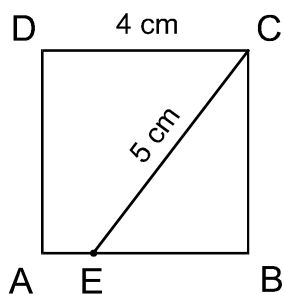
Фигуру 1 треба допунити троуглом _____ Фигуру 2 треба допунити троуглом _____ Фигуру 3 треба допунити троуглом _____

- 6) Нацртај троугао којем су све три странице једнаке, а обим дугачак 12 cm.

- 7) У слободном делу мреже, од свих понуђених фигура састави квадрат.



- 8) Странаца квадрата ABCD је дугачка 4 cm. На страници АВ је обележена тачка Е. Тачка Е је од тачке А удаљена 1 cm. Дуж ЕС је дугачка 5 cm. Израчунај обим троугла ЕВС.



Прилог 3

Резултати иницијалног испитивања знања

Експериментална група (90 ученика), подгрупе **SW** (50 ученика) и **KA** (40 ученика)

Ученици		Бодови по задацима								
Р. бр.	Математика I пол. III р.	1	2	3	4	5	6	7	8	Укупно
1.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
2.	4	2	1	1	2	3	5	2	8	24
3.	5	2	1	2	5	3	5	4	5	27
4.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
5.	3	2	1	2	5	3	4	0	0	17
6.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
7.	4	2	1	2	3	3	5	5	8	29
8.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
9.	3	2	1	2	5	3	5	5	8	31
10.	4	2	1	2	5	3	4	5	0	22
11.	4	2	1	2	5	3	5	5	8	31
12.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
13.	5	2	1	2	5	3	5	4	8	30
14.	4	2	1	2	5	3	5	0	8	26
15.	4	1	1	2	3	3	4	0	0	14
16.	2	2	1	2	5	0	5	0	0	15
17.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
18.	2	1	1	2	2	1	5	0	0	12
19.	5	2	1	2	5	3	5	0	8	26
20.	4	2	1	2	5	3	4	0	0	17
21.	2	2	1	2	5	3	5	3	8	29
22.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
23.	3	2	1	2	3	1	5	5	2	21
24.	4	2	1	2	3	3	4	5	1	21
25.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
26.	3	1	1	2	5	3	5	4	3	24
27.	3	2	1	2	2	3	5	0	0	15
28.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
29.	5	2	1	2	5	3	5	5	2	25
30.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
31.	5	2	1	2	3	3	4	4	4	23
32.	4	2	1	2	2	3	2	4	8	24
33.	4	2	1	2	2	3	4	5	6	25
34.	4	2	1	1	0	3	5	4	0	16
35.	5	2	1	0	3	3	5	5	2	21
36.	5	2	1	2	3	3	5	5	0	21
37.	5	2	1	2	3	3	5	4	8	28
38.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
39.	4	2	1	2	2	2	5	5	0	19
40.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
41.	5	2	1	2	4	3	5	4	8	29
42.	3	2	1	1	2	3	2	4	8	23
43.	5	2	1	2	4	3	2	5	6	25
44.	4	2	1	0	3	3	5	0	2	16
45.	5	2	1	2	5	3	5	0	8	26
46.	3	2	1	1	0	0	5	0	0	9
47.	2	2	1	1	0	0	2	0	0	6
48.	4	2	1	2	2	3	5	4	8	27
49.	3	2	1	2	2	1	2	2	0	12
50.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
51.	5	2	1	2	5	3	5	0	8	26
52.	5	2	1	2	5	3	5	0	8	26
53.	5	2	1	2	5	3	5	2	8	28
54.	4	2	1	2	5	3	5	3	0	21
55.	3	2	1	0	3	3	5	0	0	14
56.	4	2	1	1	5	3	5	2	0	19
57.	5	2	1	2	4	3	3	5	4	24

58.	3	2	0	1	5	3	4	3	3	21
59.	4	2	1	2	5	3	5	0	3	21
60.	4	2	1	2	5	3	4	0	0	17
61.	4	2	1	0	4	3	5	4	0	19
62.	5	2	1	1	5	3	4	4	4	24
63.	2	1	1	1	2	3	0	0	0	8
64.	3	1	1	2	5	0	3	3	2	17
65.	3	2	1	2	5	3	5	0	8	26
66.	4	2	1	2	5	3	5	0	4	22
67.	4	1	1	1	0	3	4	4	0	14
68.	2	2	1	2	0	0	5	0	0	10
69.	2	2	0	0	2	3	5	0	3	15
70.	2	2	0	2	2	3	2	0	0	11
71.	5	2	1	2	2	3	5	5	8	28
72.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
73.	4	2	1	2	5	3	5	5	0	23
74.	2	1	1	0	2	0	5	5	0	14
75.	4	2	1	2	3	3	5	5	0	21
76.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
77.	4	1	1	2	3	3	5	2	0	17
78.	4	2	1	2	4	3	5	5	8	30
79.	5	2	1	1	0	3	5	5	0	17
80.	5	2	1	2	1	3	5	5	0	19
81.	3	2	1	0	3	3	5	3	0	17
82.	5	2	1	1	4	3	5	5	6	27
83.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
84.	4	2	1	2	5	3	5	5	8	31
85.	5	2	1	1	3	3	5	5	6	26
86.	4	2	1	2	3	3	5	5	8	29
87.	4	2	1	1	1	3	5	5	0	18
88.	5	2	1	2	3	3	4	5	0	20
89.	5	2	1	2	5	3	4	5	0	22
90.	4	2	1	2	3	3	5	5	8	29

Резултати иницијалног испитивања знања
Контролна група (89 ученика)

Ученици		Бодови по задацима								Укупно
Р. бр.	Математика I пол. III р.	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.	3	2	1	1	3	3	5	2	3	20
2.	4	2	1	0	3	3	5	5	8	27
3.	4	2	1	2	4	1	3	3	2	18
4.	5	2	1	1	2	3	3	5	3	20
5.	2	2	1	1	1	3	5	3	3	19
6.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
7.	1	1	1	0	0	3	0	0	3	8
8.	5	2	1	1	5	3	5	5	3	25
9.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
10.	4	2	1	2	3	3	5	5	3	24
11.	5	2	1	2	4	3	5	5	8	30
12.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
13.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
14.	3	1	0	2	5	3	5	3	3	22
15.	3	1	0	2	3	3	5	0	3	17
16.	3	2	1	2	4	3	5	5	0	22
17.	1	1	1	0	4	0	5	2	0	13
18.	5	2	1	2	4	3	4	5	8	29
19.	2	2	1	2	1	3	5	4	3	21
20.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
21.	4	2	1	2	4	3	5	4	8	29
22.	5	2	1	2	5	3	5	4	4	26
23.	3	1	0	1	3	3	3	3	3	17
24.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31

25.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
26.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
27.	3	2	1	0	4	3	3	0	3	16
28.	5	2	1	1	4	3	5	5	8	29
29.	3	2	1	2	5	3	3	0	0	16
30.	5	2	1	0	2	3	5	4	3	20
31.	4	2	1	2	1	3	5	0	0	14
32.	4	2	1	2	4	3	5	0	3	20
33.	3	1	1	0	2	3	5	4	0	16
34.	4	2	1	2	3	2	5	4	3	22
35.	5	2	0	1	4	3	5	4	0	19
36.	5	2	1	2	4	3	5	5	3	25
37.	5	2	1	1	3	3	5	4	8	27
38.	4	2	1	2	5	3	5	4	8	30
39.	5	2	1	0	4	3	5	4	3	22
40.	5	2	1	1	5	3	5	4	0	21
41.	3	2	1	1	2	3	5	3	2	19
42.	4	2	1	2	4	3	5	4	3	24
43.	5	2	1	0	3	2	3	4	2	17
44.	4	2	1	2	4	3	5	4	4	25
45.	4	2	1	1	5	3	5	5	3	25
46.	5	2	1	2	3	3	5	5	0	21
47.	4	2	1	2	5	3	5	4	4	26
48.	4	2	1	2	5	3	5	4	8	30
49.	4	2	1	1	4	3	5	4	8	28
50.	4	2	1	1	5	3	5	5	4	26
51.	5	2	1	2	2	3	4	0	4	18
52.	3	1	0	2	4	3	4	4	3	21
53.	3	2	0	2	0	3	2	0	0	9
54.	5	2	1	2	5	3	5	4	5	27
55.	4	2	1	2	4	3	2	0	3	17
56.	3	2	1	0	3	3	5	0	3	17
57.	3	1	1	0	0	0	3	0	3	8
58.	3	1	1	1	2	3	2	0	0	10
59.	4	2	1	2	4	3	4	2	4	22
60.	4	2	0	0	0	3	4	0	3	12
61.	5	2	1	1	4	3	5	4	8	28
62.	4	2	1	0	1	3	5	0	0	12
63.	4	2	1	0	3	2	4	4	3	19
64.	4	2	1	0	3	3	5	0	3	17
65.	4	2	1	0	3	3	5	0	2	16
66.	4	2	1	2	1	3	4	0	4	17
67.	5	2	1	2	5	3	4	4	4	25
68.	5	2	1	1	3	3	5	3	4	22
69.	5	2	1	2	5	3	5	5	8	31
70.	2	0	1	1	1	3	2	0	0	8
71.	4	2	0	2	3	2	3	0	0	12
72.	3	2	0	2	4	0	2	0	3	13
73.	5	1	1	2	3	3	3	0	4	17
74.	5	2	1	2	5	3	5	5	4	27
75.	5	2	1	2	4	3	5	0	3	20
76.	5	2	1	0	1	0	5	0	0	9
77.	5	1	0	2	2	3	0	1	0	9
78.	5	2	0	1	4	3	5	0	3	18
79.	5	2	1	2	5	3	5	5	4	27
80.	5	2	1	2	5	3	4	5	3	25
81.	5	2	1	2	4	3	4	0	3	19
82.	3	1	1	2	4	3	5	0	3	19
83.	5	2	1	2	4	3	5	5	3	25
84.	3	2	1	2	4	3	2	0	3	17
85.	5	2	1	1	4	3	5	4	8	28
86.	5	2	1	2	4	3	5	0	3	20
87.	5	2	0	1	5	3	4	5	4	24
88.	5	2	1	2	0	3	5	5	8	26
89.	5	2	1	1	2	3	5	5	3	22

Резултати финалног испитивања знања

Експериментална група (90 ученика), подгрупе **SW** (50 ученика) и **KA** (40 ученика)

Ученици		Бодови по задацима								
Р. бр.	Математика I пол. III р.	1	2	3	4	5	6	7	8	Укупно
1.	5	2	2	3	4	3	4	5	3	26
2.	4	2	1	2	0	1	3	5	8	22
3.	5	2	1	3	4	3	4	5	8	30
4.	5	2	2	3	3	3	4	5	8	30
5.	3	1	0	0	2	3	2	5	3	16
6.	5	2	2	3	3	3	4	5	8	30
7.	4	2	2	3	3	3	4	5	8	30
8.	5	2	2	2	3	3	4	5	8	29
9.	3	2	2	2	3	0	4	5	8	26
10.	4	2	2	2	2	3	4	5	8	28
11.	4	2	2	2	4	3	3	5	8	29
12.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
13.	5	2	2	3	3	3	4	5	8	30
14.	4	2	2	2	4	1	4	5	8	28
15.	4	1	1	2	0	0	0	5	3	12
16.	2	2	2	2	3	3	0	5	3	20
17.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
18.	2	0	2	3	4	3	3	5	3	23
19.	5	2	2	2	2	3	2	5	8	26
20.	4	2	2	2	3	3	4	5	0	21
21.	2	0	1	2	3	1	0	5	3	15
22.	5	2	2	3	3	1	2	5	5	23
23.	3	2	2	2	3	0	0	5	8	22
24.	4	2	2	2	2	1	4	5	0	18
25.	5	2	2	3	4	3	4	5	6	29
26.	3	1	2	2	3	0	4	5	3	20
27.	3	2	2	3	2	1	0	5	8	23
28.	5	2	2	3	3	3	4	2	8	27
29.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
30.	5	2	2	3	4	3	4	2	8	28
31.	5	2	2	3	4	3	3	5	3	25
32.	4	2	2	3	3	3	4	2	0	19
33.	4	2	0	2	2	3	3	2	0	14
34.	4	1	2	3	3	2	2	0	0	13
35.	5	0	2	2	2	3	1	2	8	20
36.	5	2	2	3	2	3	4	5	8	29
37.	5	2	2	3	3	1	4	2	8	25
38.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
39.	4	1	2	3	2	2	1	0	0	11
40.	5	2	2	3	4	3	4	2	8	28
41.	5	2	1	2	3	3	4	2	2	19
42.	3	1	0	3	3	1	3	2	8	21
43.	5	2	2	3	3	3	4	2	5	24
44.	4	1	1	3	3	3	4	5	3	23
45.	5	2	2	3	3	3	4	2	8	27
46.	3	0	0	2	0	1	0	2	0	5
47.	2	1	1	2	1	0	0	0	0	5
48.	4	2	1	2	3	3	4	2	2	19
49.	3	1	2	0	3	3	3	3	3	18
50.	5	1	2	3	4	3	4	5	8	30
51.	5	1	2	1	4	1	4	5	3	21
52.	5	2	2	3	3	3	4	5	3	25
53.	5	1	2	2	4	3	4	5	6	27
54.	4	1	2	2	3	3	4	5	4	24
55.	3	1	0	0	2	0	0	0	2	5
56.	4	1	0	2	3	1	4	1	0	12
57.	5	2	2	1	3	3	4	4	0	19
58.	3	1	1	2	3	1	4	3	0	15
59.	4	1	0	3	3	1	4	5	4	21
60.	4	1	2	3	2	1	4	2	0	15

61.	4	2	2	2	3	3	4	5	0	21
62.	5	1	0	2	2	3	4	5	2	19
63.	2	0	0	0	0	1	0	4	0	5
64.	3	2	2	2	3	3	2	1	2	17
65.	3	1	0	1	2	3	3	5	0	15
66.	4	2	2	3	4	3	4	5	3	26
67.	4	2	2	2	0	3	4	1	0	14
68.	2	0	0	0	0	3	0	0	0	3
69.	2	0	0	3	1	3	0	2	0	9
70.	2	1	0	0	2	3	2	5	0	13
71.	5	2	2	3	3	3	4	3	8	28
72.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
73.	4	2	2	3	4	3	4	5	8	31
74.	2	2	1	1	1	3	3	4	0	15
75.	4	2	2	3	4	3	4	5	8	31
76.	5	2	0	0	3	3	3	5	0	16
77.	4	2	2	3	1	0	2	0	0	10
78.	4	2	2	3	4	3	4	5	8	31
79.	5	2	2	3	3	1	3	0	3	17
80.	5	2	1	3	1	3	4	5	0	19
81.	3	1	1	3	1	0	2	0	0	8
82.	5	2	2	3	3	0	4	5	8	27
83.	5	2	1	3	3	3	4	5	8	29
84.	4	2	2	3	3	3	4	5	3	25
85.	5	2	2	2	3	3	4	5	0	21
86.	4	2	2	3	4	3	4	5	8	31
87.	4	2	1	3	1	3	4	5	0	19
88.	5	2	1	3	3	3	4	5	8	29
89.	5	2	2	2	3	3	4	5	8	29
90.	4	2	2	3	4	3	4	5	4	27

Резултати финалног испитивања знања
Контролна група (89 ученика)

Ученици		Бодови по задацима								
Р. бр.	Математика I пол. III р.	1	2	3	4	5	6	7	8	Укупно
1.	3	2	2	2	1	3	4	0	0	14
2.	4	2	2	2	3	1	4	5	0	19
3.	4	2	2	2	3	3	4	5	0	21
4.	5	2	2	2	3	1	4	5	6	25
5.	2	2	0	1	3	1	4	5	0	16
6.	5	2	2	2	3	3	4	5	8	29
7.	1	0	0	0	1	3	0	0	0	4
8.	5	2	2	3	4	3	4	2	8	28
9.	5	2	1	3	2	1	4	0	3	16
10.	4	2	2	3	3	3	4	5	3	25
11.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
12.	5	2	2	3	4	3	3	5	8	30
13.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
14.	3	1	1	0	2	1	3	5	0	13
15.	3	2	2	3	2	3	4	5	0	21
16.	3	2	2	3	3	3	3	4	8	28
17.	1	1	0	3	1	2	0	5	0	12
18.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
19.	2	2	2	3	2	3	0	5	0	17
20.	5	2	2	3	2	3	4	5	6	27
21.	4	2	2	3	3	3	4	5	8	30
22.	5	2	2	3	3	3	4	5	8	30
23.	3	1	1	2	0	0	4	0	0	8
24.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
25.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
26.	5	2	2	2	3	3	4	5	8	29
27.	3	2	2	3	3	1	4	5	0	20

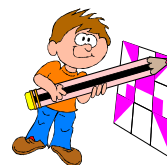
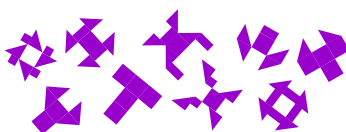
28.	5	2	2	2	3	3	4	5	0	21
29.	3	1	1	2	3	3	3	4	0	17
30.	5	2	2	3	3	3	4	5	3	25
31.	4	2	1	2	1	3	4	5	3	21
32.	4	2	2	2	3	3	4	5	3	24
33.	3	0	0	2	2	3	4	5	0	16
34.	4	0	0	2	3	0	1	0	0	6
35.	5	2	2	2	2	2	4	2	0	16
36.	5	2	2	3	2	3	4	5	8	29
37.	5	1	2	3	4	3	4	5	8	30
38.	4	2	2	3	3	3	4	5	3	25
39.	5	2	1	2	3	3	4	5	0	20
40.	5	2	2	2	3	1	4	5	8	27
41.	3	2	2	3	2	1	1	0	0	11
42.	4	0	0	0	3	1	2	0	4	10
43.	5	1	2	2	2	3	0	5	3	18
44.	4	2	2	3	3	1	4	0	3	18
45.	4	2	2	0	3	3	4	2	3	19
46.	5	2	2	3	4	3	4	5	8	31
47.	4	2	2	3	3	3	4	5	8	30
48.	4	2	2	3	3	1	4	5	8	28
49.	4	2	2	3	3	3	4	0	8	25
50.	4	2	2	2	2	3	2	0	2	15
51.	5	2	2	3	3	3	4	5	3	25
52.	3	2	2	3	1	3	0	0	2	13
53.	3	2	2	3	3	0	0	0	0	10
54.	5	2	2	2	3	3	4	5	8	29
55.	4	1	1	3	3	3	3	0	0	14
56.	3	1	1	3	2	0	0	2	0	9
57.	3	2	0	3	2	1	0	0	0	8
58.	3	1	2	3	2	3	3	2	0	16
59.	4	2	2	3	3	3	4	5	0	22
60.	4	2	0	2	1	3	1	0	0	9
61.	5	1	2	3	3	3	4	5	8	29
62.	4	1	1	2	3	1	0	0	0	8
63.	4	2	1	3	3	1	4	0	0	14
64.	4	2	1	2	3	2	2	2	0	14
65.	4	2	0	2	2	0	0	2	0	8
66.	4	2	2	3	3	3	4	5	3	25
67.	5	2	2	3	3	3	0	2	3	18
68.	5	1	2	3	2	3	4	0	3	18
69.	5	1	2	3	3	3	4	5	8	29
70.	2	2	0	3	1	0	0	0	0	6
71.	4	0	0	1	0	1	0	0	0	2
72.	3	1	1	2	2	3	0	2	0	11
73.	5	1	1	0	1	0	0	0	0	3
74.	5	2	1	2	2	3	0	5	8	23
75.	5	2	1	3	3	3	0	0	3	15
76.	5	0	0	3	0	1	0	0	0	4
77.	5	0	0	2	2	0	0	0	0	4
78.	5	2	1	1	3	1	0	0	3	11
79.	5	2	2	3	3	3	4	5	8	30
80.	5	1	1	3	3	3	4	5	0	20
81.	5	2	1	3	2	3	4	0	6	21
82.	3	1	1	2	3	0	4	0	0	11
83.	5	2	2	0	4	3	4	5	0	20
84.	3	2	1	3	1	0	0	2	2	11
85.	5	1	2	3	2	3	0	2	8	21
86.	5	1	1	3	0	0	0	0	2	7
87.	5	1	2	2	3	0	0	0	0	8
88.	5	2	2	3	0	1	4	2	6	20
89.	5	2	2	2	4	3	3	5	8	29

Прилог 4

Упитник

Име и презиме : _____ Разред: _____ Одељење: _____

На неколико часова сте имали прилику да упознате и играте игру-слагалицу ЛУГРАМ. Желим да сазнам ваше мишљење о томе. Зато пажљиво прочитајте наредна питања и искрено одговорите на њих.



Заокружи број испред једног од понуђених одговора:

1. Да ли радећи са другом лакше долазиш до идеје како да решиш задатак ?

- 1) ДА
- 2) Нисам сигуран
- 3) Лакше ми је кад радим сам

2. Да ли док решаваш задатке, тражиш помоћ учитеља ?

- 1) Да, увек
- 2) Понекад
- 3) Не тражим помоћ учитеља

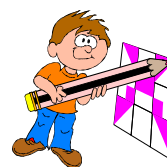
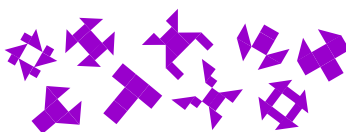
3. Да ли ти се допада то што смо на часовима за вежбу и слободне активности играли игру слагалицу ?

- 1) Да, допада ми се
- 2) Нисам сигуран
- 3) Не, више волим да користим радни лист и задатке које задаје учитељ

4. Да ли желиш да и код куће на рачунару имаш програме сличне овоме који смо користили у школи када смо играли ЛУГРАМ ?

- 1) ДА
- 2) Можда би било добро
- 3) НЕ. Волим да учим само из књиге, свеске и радног листа

Заокружи ДА или НЕ као одговоре на постављена питања.



5. Да ли ти је било тешко да научиш како се игра ЛУГРАМ ?	ДА	НЕ
6. Да ли је играње ЛУГРАМ-а на рачунару занимљивије од игре картонским елементима ?	ДА	НЕ
7. Да ли је руковање мишем представљало проблем ?	ДА	НЕ

Заокружи број испред једног од понуђених одговора:

8. Да ли желиш да и даље наставимо да користимо рачунаре на часовима ?

- 1) ДА
- 2) Нисам сигуран
- 3) НЕ

9. Да ли ти се допада идеја да се и убудуће играмо на часовима када вежбамо или понављамо градиво ?

- 1) ДА
- 2) Нисам сигуран
- 3) НЕ

Заокружи ДА или НЕ као одговоре на постављена питања.

10. Да ли би било занимљиво да смо и градиво о троуглу представили помоћу програма на рачунару ?	ДА	НЕ
11. Да ли те интересује да на такав начин учиш на часовима ?	ДА	НЕ

Прилог 5

Предмет: Тестирање верзије _____ игре Луграм намењене слабовидој и слепој деци

Место: _____ Датум: _____

Кандидат: _____

Годиште	Разред	Искуство у раду рачунаром	Додатни проблем	Ниво игре:				
				Задачи	Време	Број грешака	Број грешака у простој оријентацији	Број грешака у комбинованој оријентацији
				1.				
Додатни подаци, запажања, питања:				напомена				
				2.				
				напомена				
				3.				
				напомена				
				4.				
				напомена				
				5.				
				напомена				

