УЧИТЕЉСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Докторске студије

Ефикасност примене образовно-рачунарског софтвера у почетној настави геометрије

- Предлог пројекта докторске дисертације -

Професор:

др Данимир Мандић

Студент:

Марија Милинковић, 3002/2015

Београд, 2020.

I ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ИСТРАЖИВАЊА

1.1. Информационе технологије у почетној настави математике

Образовање је један од најбитнијих делова људског живота. Са развитком и ширењем технологије, многи технолошки напреци су интегрисани у образовну сферу. Настава у скоро свим земљама света остварује крупније промене свих компоненти процеса образовања, прихваћено је схватање да информационе технологије представљају само један од могућих приступа унапређивања васпитно-образовног процеса.

Савремена настава је добила своју четврту компоненту и традиционални дидактички троугао увођењем рачунара и образовних софтвера проширила на „дидактички четвороугао". Ученик, наставник, градиво и рачунари са образовним софтверима постали су нови дидактички систем. Наместовски (2008) сматра да ученици могу своја већ стечена знања да прошире и примене уз помоћ информационо-комуникационих технологија, јер савремени приступи у настави имају за циљ да се стечено теоријско знање примени у пракси.

Образовно-рачунарски софтвери ученицима омогућавају да самостално уче, анализирају, систематизују, упоређују, истражују и примењују своја знања у другачијим ситуацијама. Знања која су стечена истовременим ангажовањем више ученикових чула и квалитетном мисаоном активношћу много су трајнија од оних знања која су стечена механичким памћењем чињеница (Мандић, 2001).

Рачунари су део живота деце још у раном детињству, као и ученика млађих разреда. Размера рачунара и ученика се мења из године у годину и то од 1:125 1984. године, на 1:22 1990. године и 1:10 1997. године. (Clements 2002). У једном истраживању наставника и деце у четвртом разреду основне школе из 2006. године, примећено је да, у поређењу са ситуацијом из 2001. године употреба нових технологија у школи је порасла. (Eurydice, 2009: 207). Бектин податак из 2009. године је да информационе технологије користи скоро половина ученика основне школе, односно 46% у настави математике (Becta, 2009). У контексту наставе и учења математике, технологија обухвата коришћење рачунара и одговарајућих математичких софтвера, Јава алате за интеракцију са

математичким проблемима, софтвере за геометријску анализу података, тестирање знања ученика. У Великој Британији, Европи, САД-у и на другим местима, последњих година је дошло до стабилног уграђивања дигиталних и умрежених технологија у учионицу, са употребом интерактивне беле табле, виртуелних окружења за учење, образовних компјутерских игара и све већег ослањања на интернет апликације.

Компјутерске игре се често предлажу као обећавајући образовни алати у почетној настави математике. Корист компјутерских игара за образовање која се најчешће помиње је њихов мотивациони аспект (Prensky, 2001). Поред тога, претпоставља се да су игре корисне за учење зато што могу да пруже брзе повратне информације. Играчи често одмах виде последице својих акција у игри. Штавише, игре дозвољавају играчима да покушају, направе грешке и онда покушају опет, а да се не осрамоте. Због овог окружења без ризика и брзих повратних информација које пружа компјутер, играчи су стимулисани да истражују и експериментишу. Због ових претпостављених предности, компјутерске игрице све више постају део основног школског образовања.

1.2. Информационе технологије у функцији подизања квалитета наставе математике

Истраживања која су спровеле многобројне институције (Becta, Unesco, ISTE, Iso Dynamic и др.; Ристић) показују да адекватна употреба информационе технологије повећава квалитет наставе и исходе учења (Ристић, Радовановић, 2013: 93). Адекватно употребљен рачунар са образовним софтверима омогућава да ученици могу напредовати индивидуално, у складу са својим предзнањима и интересовањима.

Лидија Краљ (2008) изваја нека запажања о информационим технологијама од којих ћемо у раду навести следећа:

1. Информационо-комуникационе технологије (ИКТ) утичу позитивно на образовна постигнућа у основној школи.
2. Постоји позитивна веза између дужине периода употребе ИКТ-а и успеха ученика на ПИСА математичким тестовима.

3. Школе које су боље опремљене ИКТ-ом постижу боље резултате од школа које су недовољно или мало опремљене ИКТ-ом.
4. Преко 86% европских учитеља сматра да су ученици мотивисанији и пажљивији када се у раду користе рачунари и интернет.
5. ИКТ чини учење успешнијим јер мултимедијална наставна средина активира сва чула ученика.

Технологија може пружити ђацима моћне алате за рачунање, конструкцију, визуелно представљање градива и на тај начин им омогућити приступачнијим математичке садржаје и концепте који би им иначе били исувише сложени за истраживање (Милутиновић, 2014: 216). Софтвер за вежбање може да помогне млађој деци да развијају способност у вешинама као што су бројање и разврставање. Нарочито у когнитивном пољу математике, евалуација исхода учења везаних за учење математике на рачунару код ученика је показала да учење уз помоћ рачунара може знатно да помогне у развоју одговарајућих математичких вештина и дубљег концептуалног мишљења у поређењу са традиционалном методом учења. Уколико су правилно одабране, компјутерске игрице могу бити ефективне. Компјутерске игре укључују богату разноврсност слушних, тактилних, визуелних и интелектуалних подстицаја који их чине пријатним. Способност компјутерских игара да укључе децу и да их мотивишу да уче како би успели је најинтересантнија одлика која може помоћи учитељима да учине учење ангажованијим и мотивисанијим. Ученици другог разреда који су провели један сат у просеку играјући образовне компјутерске игрице у току две недеље су одговорили тачно на дупло више питања на тесту из математике од ученика у контролној групи (Clements, 2002). Један од најважнијих квалитета компјутерских игара је њихова способност да мотивишу, ангажују и окупирају играче.

1.3. Образовно-рачунарски софтвер

1.3.1. Појам и дефиниција образовно-рачунарског софтвера

Образовн-рачунарски софтвер (ОРС) представља рачунарски програм специјално намењен садржају наставе, пројектован у циљу побољшања квалитета наставе и развијању

индивидуалности учења (Радосав, 2005). Обухватају програмске језике и алате, одређену организацију наставе и учења, а који се базира на педагогији. Његова специфичност је у томе што омогућава интерактивно учење, даје брзу повратну информацију и тежи аутентичној индивидуализацији наставе. Употребом ОРС-а у настави и учењу омогућено је постепено напредовање сваког ученика у складу са његовим могућностима. Математички софтвери су намењени за иновативно, интерактивно и динамичко подучавање из разних области математике.

Аргументи чија је валидност доказана кроз низ научних истраживања, за примену рачунара у настави је чињеница да је то једино средство које може допринети визуелизацији и симулацији. Такође осим техничких могућности веома значајан аргумент су позитивна оцењивања и већи степен мотивације. Када кажемо рачунар мислимо на образовни софтвер наменски креиран за коришћење у настави. Полазећи од саме природе наставе, а то је да се у дидактички троугао уводи још један битан елемент – рачунар, долазимо до новог дидактичког потенцијала. Развој образовно-рачунарских софтвера указује на закључак да се максимални ефекти примене рачунара постижу у индивидуалном раду примереном знању, могућностима и темпу појединца.

Најпознатији софтвери су софтвери програмског пакета Microsoft Office-а. Овај софтвер се јако брзо интегрисао у наставни процес. Из овог софтверског пакета у нижим разредима основне школе могу се користити:

- Microsoft Word при изради тестова, припрема за час, наставог плана и програма, диплома и сл.
- Microsoft Excel при изради табела, распореда часова, разних спискова и просека ученика.
- Microsoft Power Point за израду мултимедијалних презентација за школски час.

Међу софтверима који могу да се користе за учење математике разликујемо оне који прате наставни план и програм предмета математика и оне који служе као математички алати, односно као помоћ при израчунавању, цртању графика, цртању геометријских објеката и сл. Уочава се мали број, образовних софтвера намењених за почетну наставу математике који прате план и програм на српском језику. Један од софтвера који прати наставни план и програм је образовно-рачунарски софтвер *Матиш* са

мултимедијалним интерактивним садржајем осмишљен према званичном наставном програму за математику од трећег до осмог разреда основне школе.

1.3.2 Класификација образовно-рачунарских софтвера

Постоји велики број класификација образовно-рачунарских софтвера, за критеријуме класификација узете су у обзир методе учења, функције у процесу образовања, самосталност у управљању, начини коришћења рачунара и класификације по предметима.

Дидактичко-методички критеријуми класификације (Nadrljanski, 2008) имају за основ принцип самосталности корисника при управљању на рачунару.

- Управљачки образовни-рачунарски софтвер садржи образовне садржаје и упутство за употребу, која даје ученику сугестије када да прекине рад на рачунару и да учење настави из уџбеника или неког другог извора, да консултује наставника или да уради неки експеримент.
- Туторски образовни софтвер је предвиђен за учење образовних садржаја у виду програмских вежби које корисник мора да савлада.
- Дијагностички образовни софтвер се користи за проверу знања и способности ученика, овај тип софтвера даје ученику повратне информације на основу којих ученик може да процени у ком степену је савладао градиво.
- Образовни рачунарски софтвер за вежбање се употребљава искључиво за утврђивање знања и вештина.
- Образовни рачунарски софтвер типа банке података (знања) у коме ученици по потреби користе информације из банке података.
- Образовни рачунарски софтвер типа експеримената који се користи за огледе и при извођењу практичне наставе.
- Образовни рачунарски софтвер симулације омогућава да се неки реални системи представе помоћу модела на рачунару и да се симулирају процеси.
- Софтверски алати су програми намењени за обликовање образовних садржаја које треба савладати и служе за обраду текста, графике, израчунавања и сл.

- Интелигентни туторски системи на бази комуникације са корисником дају потребна знања и савете. Потичу од експерта и разликују се од уџбеничких знања.

У студији „Information Technologies and Basic Learning: Reading, Writing, Science and Mathematics” наводе се три начина коришћења рачунара у образовању као полазиште за класификацију образовног софтвера (Taylor, 1992).

Прву групу типова образовног софтвера чине програмски пакети у којима се рачунар користи као средство за подучавање. Програм се конструише тако да рачунар изложи ученику образовни садржај, затим следе питања на која ученик одговара, а рачунар оцењује одговор. На основу резултата оцењивања програм одређује даље фазе рада са учеником. Овакви програмски пакети садрже софтвере за утврђивање стеченог знања, учење новог градива, симулације реалности, образовне игре.

Другу групу типова образовног софтвера чине програмски пакети који омогућавају примену рачунара као средство за рад. Рачунар се користи за претраживање података, обраду текста, графике, вођење администрације.

Трећу групу образовног софтвера чине програмски пакети који подразумевају највиши ниво интеракције између корисника и рачунара, односно, рачунар се користи као средство које помаже кориснику да учи, да би он учио себе и друге. Реч је о високом нивоу интерактивног рада јер помера фокус образовања од усвајања чињеница до њиховог разумевања. У ову групу спадају софтвери који подстичу развој мишљења и способност решавања проблема, софтвери који се прилагођавају индивидуалним разликама међу ученицима, софтвери који служе за индивидуално образовање и учење.

1.3.3. Образовно-рачунарски софтвер компаније Кварк медија

Образовно-рачунарски софтвер компаније Кварк медија, популарно назван *Матиш* прати наставни план и програм и осмишљен је за ученике од трећег до осмог разреда основне школе. Овај математички софтвер има и елементе игре и забаве, чиме доприноси повећању мотивације за рад. Образовно-рачунарски софтвер компаније Кварк медија је једноставан софтвер који у себи садржи низ садржаја намењених за иновативно, интерактивно и динамичко подучавање из разних области математике.

Осим што прати наставни план и програм одговарајућег разреда, програм уноси у учење и елементе забаве и игре, чиме свакако доприноси повећању активности ученика и стварању посебне мотивације код њих. Програм може бити од помоћи наставницима и у припреми и током извођења наставе. Сваки програм је подељен у пет модула – предавање, вежба, тест, математичке игре и “Кефало”. Градиво које се обрађује подељено је по наставним темама, а теме даље на наставне јединице. Сваку наставну јединицу објашњава наратор помоћу анимација и текста. Иако је ток лекције динамичан, свака се може зауставити и наставити, вратити на почетак и поновити колико год пута корисник жели. Део програма који садржи задатке за вежбање је пропраћено звучним ефектима и коментарима решења, најпре се дају сугестије, а потом и тачно решење постављеног проблема. База питања и задатака довољно је обимна, па је на тај начин ученицима омогућено да тестове понављају већи број пута без страха да ће ученици задатке научити напамет. Оцене добијене у тестовима и проученим и провежбаним лекцијама, програм бележи, памти, те корисник има увид у достигнут ниво знања.

Компјутерске игре су веома популарне међу децом као и код одраслих. Сматра се да привлачност компјутерских игара лежи у, између осталог, окружењу које пружају игре и које је изазовно и изазива радозналост. Откад су се појавиле компјутерске игре сматрале су се корисним алатом за образовне сврхе, мотивациона одлика игрица може навести ученике да поклоне више пажње активности учења када је она представљена кроз игру. Такође, ученици који уче уз игре ће потрошити више времена на учење што може позитивно утицати на исходе учења. Модул са математичким играма у образовно-рачунарском софтверу компаније Кварк медија садржи по пет забавних и веома корисних игара које ученици решавају посредно, кроз игру, у намери да дођу до што бољег решења. Један од најважнијих квалитета дигиталних игара је њихова способност да мотивишу, ангажују и окупирају играче. Дигиталне игре укључују богату разноврсност слушних, тактилних, визуелних и интелектуалних подстицаја који их чине пријатним и, у извесној мери, заразним. Способност дигиталних игара да укључе децу и да их мотивишу да уче како би успели је најинтересантнија одлика која може помоћи учитељима да учине учење ангажованијим и мотивисанијим.

Део програма “Кефало” има за циљ да забави корисника кроз низ занимљивих логичких проблема на више нивоа тежине. Проблеми који се у програму представљају

(логички, психолошки, проблеми визуелног памћења, моћи процене, запажања...) по тежини и типу су распоређени на десет нивоа, а циљ је мотивисати ученика да стигне до што вишег нивоа. Као и код тестова, и овде је база проблема врло широка, тако да се кроз тест може проћи без опасности од понављања истих задатака.

Основне карактеристике које нуди образовно-рачунарски софтвер компаније Кварк медија у почетној настави математике, огледају се у:

1. активној улози ученика у наставном процесу,

2. могућности прилагођавања, задржавања, враћања, понављања битних елемената,

3. ученик се не мора задржавати на познатим чињеницама, већ је учење прилагођено индивидуалним могућностима и његовим предзнањима,

4. приступ је омогућен у сваком тренутку,

5. вредновање резултата рада је објективно и може се понављати неограничено било када,

6. образовно-рачунарски софтвер компаније Кварк медија пружа ученику осећај „играња“ што је једна од великих предности коришћења нових технологија у почетној настави математике. Поред тога што промовишу учење, образовне компјутерске игрице могу бити корисне за став ученика према теми. Играње игрице која је везана за дату тему ће вероватно да изазове позитивна емотивна искуства повезана са темом.

1.4. Геометријски садржаји

1.4.1. Историјски преглед наставе геометрије

„Геометрија као научна дисциплина има своју веома дугу и богату историју. Зачета већ у најстаријим људским цивилизацијама, она се вековима развијала као индуктивна наука, наука у којој се емпиријским путем, помоћу чула и опита, долазило до појединачних сазнања из којих су се затим индукцијом изводила општа тврђења.“ (Лопандић, 2011: 3). Настала је из практичних потреба човекових, пре свега из потребе мерења. Временски, Дејић наводи 4 периода од зачетка геометрије до стварања нових теорија (Дејић и Егерић, 2010). Први период траје од самих зачетака људске делатности па све до шестог века пре нове ере. Првобитно, схватање појмова геометријских фигура било је у непосредној вези са праксом. На цртежима по пећинама, у којима је живео првобитни

човек, налазе се троуглови, квадрати, правоугаоници и друге геометријске фигуре које су биле у вези са практичном делатношћу човека. У неолиту (5 000 – 2 500 п.н.е), млађем каменом добу, када људи почињу да се баве сточарством и земљорадњом, почиње украшавање глиненог посуђа орнаментима који су садржавали геометријске фигуре. Из египатских папируса затим од Херодота и Диодора, дознајемо да се већ у египатским школама учила практична геометрија. После поплава које је изазвала река Нил, Египћани су морали да премеравају земљиште које је било у облику разних геометријских фигура. Тако су долазили до појма геометријске фигуре и њене површине. Знања које су стицана на тај начин названа су геометријом. После Египћана, геометрију су у старо доба најбоље познавали Вавилонци. Када су негде у VI веку пре нове ере водећу улогу у науци и култури преузели Грци, геометрија почиње да се развија једним потпуно новим путем. Грци су од чисто практичне и занатске геометрије изградили геометрију као науку, уводећи у њу уместо очигледног сазнања логичке доказе и законе дедуктивног мишљења. Индуктиван метод налажења геометријских тврђења био је замењен новим тзв. дедуктивним методом којим се најпре установљују општа тврђења да би се затим из њих добила појединачна сазнања. Преласку на тај нови пут у развоју геометрије допринело је једно веома значајно начело, то је начело доказивања геометријских тврђња. За изградњу научне геометрије највише заслуга има Еуклид, који је написао "Елементи", систематски приручник геометрије у 13 књига. Еуклид је скупио знања свог времена и вођен учењем Платона и Аристотела он је у свом делу изложио математичка знања аксиоматски, одређујући три основна појма помоћу којих је дефинисао остале. „У својем грандиозном делу ”Елементи“ Еуклид је покушао да доследно спроведе дедуктиван метод у излагању геометрије. Управо та доследност у дедукцији учинила је да његово дело вековима представља савршенство и узор логичког расуђивања не само у области геометрије већ у науци уопште.“ (Лопандић, 2011: 7). После њега Сократ већ истиче и практичну вредност геометрије. Код Римљана се геометрија углавном сводила на проучавање и вежбање у мерењу. Изузетак чини Александриска геометријска школа, са Хероном Александриским, представником практичне и техничке геометрије. Како је развитак геометрије као науке, тако је и развитак наставе геометрије зависио од промена друштвених односа и од практичних потреба. Други период почиње од шестог века пре нове ере када се геометрија уздиже на ниво науке. Овај период се завршава почетком 17. века са појавом Декартове

координатне геометрије 1637. године. У основи те математике налазили су се покрет и промена, настала је ера променљивих величина. У средњем веку учила се геометрија као једна од "седам слободних вештина", али апстрактно, по Еуклиду без везе са практичним животом. У даљем развитку, филантрописти су заслужни што су у школе увели практичну геометрију, али они су геометрију ипак сматрали само корисном науком, а не и неопходним наставним предметом. Развитак економије убрзо је изазвао потребу да се из практичних разлога у основне школе уведе геометрија као наставни предмет. Пројективна геометрија, везана за гледање са ефектима перспективе, као научна дисциплина је развијена у 17. веку. „Деца схватају геометријске појмове редом, обрнутим историјском, тј. прво тополошке, затим пројективне и еуклидске. Тако већ у узрасту од 3 године, она су способна да разликују отворене од затворених линија, положаје бити унутар или ван затворене линије и слично.“ (Марјановић: 1996: 94) Међу реалистима, Комненски захтева да деца већ у основној школи уче мерити дужине, ширине и удаљености. Крајем 18. и почетком 19. века наглашава се и формална вредност наставе геометрије. Песталоци сматра да је изучавање облика у геометрији "елементарно средство", од кога полази свако сазнање. Песталоци је написао и приручник за наставу геометрије, у коме тражи од учитеља да ученицима показују ствари и облике, а ученици за њим да говоре. Таквим поступком Песталоци је на крају довео геометријску наставу до формализма и механизма. Ипак, због захтева да настава геометрије буде очигледна, сматрају га оснивачем елементарне наставе геометрије. Супротно Песталоцијевом формализаму, Харниш тражи да настава геометрије буде практична: да ученици мере, да на предметима уочавају облике, да се служе лењиром и шестаром, да праве разне предмете, служећи се притом знањем из геометрије и геометријским цртање. Иако наглашава практичну страну наставе геометрије, Харниш не занемарује ни мишљење у њеној настави. Мерански закључци позитивно су деловали на развитак наставе геометрије. У њима се тражи да настава геометрије развија способности просторног опажања функционалног мишљења, па се цени практична и формална вредност.

„19. век може да се означи као почетак четвртог периода. Стварају се нове, нееуклидске геометрије. Данас постоје многе теорије геометрија између којих нема оштрих разлика. Разликују се по томе какав простор изучавају, каквим се методама служе, какви фигуре или њихова својства изучавају итд.“ (Дејић и Егерић, 2010: 73). Кроз

историју геометрије највеће расправе експлицитно су биле везане за име Еуклида и његове постулате. Средином XIX века Лобачевски је створио једну од нееуклидских геометрија и тиме показао да су принципи геометрије ствар договора али не и произвољности. Х. Фројдентал инсистира на тесној повезаности математике са реалним окружењем и истиче да настава геометрије може бити значајна само ако налази подстицаје у везама између реалног простора и апстрактних геометријских објеката. Средином XX века, Ж. Пијаже, а затим и П. ван Хиле предузимају значајне кораке у процесу исправног формирања геометријских појмова примереног узрасту детета.

У Србији је од 1887. новим законом за основне школе одређен и нови наставни план, у коме се захтева учење рачуна и геометријских облика. До тада је настава геометрије у основним школама Србије била готово сасвим занемарена, али стање није било много боље ни после доношења тог закона. „Почетком ’80-тих код нас видљива је одлика приступа настави геометрије од 1. разреда основне школе – повезаност геометрије као апстрактне науке са стварношћу. Ова чињеница се користи тако што у настави почињемо емпиријском геометријом, а онда се преко експериментално-интуитивних приступа приближавамо нешто строжијем излагању геометрије са краћим логичким корацима и дедуктивним закључивањем везаним за одређене проблеме.“ (Цитирано Илић-Дајовић, према: Ђокић, 2013). Данас је геометрија заступљена у свим наставним програмима за математику од првог разреда основне школе, то говори о месту и значају геометрије у настави математике и у целокупном програму васпитања и образовања. Према Ћебићу (2006: 10) учешће геометрије у наставним плановима и програмима потврђује познату чињеницу о органској повезаности геометрије са многим нашим сазнањима, па отуда и са низом области науке и праксе које су као посебни предмети ушле у школске програме.

1.4.2. Учење геометријских садржаја у оквиру образовно-рачунарског софтвера засновано на Блумовој таксономији

Савремена настава, поред инсистирања на стицању квалитетних теоријских знања, истиче и значај нових форми писмености међу којима је и информатичка, из тог разлога

размотрићемо могућности усвајања знања у оквиру образовно-рачунарског софтвера са принципима Блумове таксономије когнитивног подручја.

Блум је у оквиру таксономије дао теоријску концепцију о подели наставних циљева на три подручја: когнитивно, афективно и психомоторно. Таксономија садржи шест главних категорија васпитно-образовних циљева: 1) усвајање знања, 2) схватање, 3) примена знања, 4) анализа, 5) синтеза и 6) евалуација. Главне категорије операционализоване су кроз конкретне задатке којима је могуће испитати интелектуална понашања ученика и утврдити којој од наведених класа она припадају (Блум, 1981, према Pešić, 1998: 68). Геометријски садржаји који се изучавају у почетној настави математике: Предмети у простору и односи међу њима; Линија и област; Класификација предмета према својствима (I разред); Геометријски облици (II разред); Геометријски објекти и њихови међусобни односи (III разред); Површине (IV разред). Преносимо Блумову класификацију примењену на задатке. Задаци којима се испитује знање (Ђокић, 2013):

1. конкретних информација (терминологије, специфичних чињеница), процедура и општих појмова или унивезалија (знање принципа и генерализација);

Задаци којима се испитују интелектуалне способности и вештине:

2. провере схватања (разумевања) кроз: превођење из једног симболичког облика у други, испитивање тумачења (интерпретације) и уопштавање;
3. способности примене наученог у одговарајућим ситуацијама – употреба општих правила и поступака (и у конкретним и у апстрактним ситуацијама);
4. задаци који захтевају анализу почетних задатих услова и грађе у целини кроз анализу елемената, односа и организационих начела;
5. задаци који захтевају испољавање способности синтезе кроз израду самосталног саопштења, стварање плана рада на неком проблему и израда система апстрактних односа;
6. задаци који захтевају испољавање способности евалуације.

У раду је посебно значајно прокоментарисати и анализирати примену дигиталне Блумове таксономије у проверавању квалитета знања усвојених путем образовно-рачунарског софтвера у оквиру изучавања геометријских објеката и њихових међусобних односа и површина. Могуће је за сваку категорију саставити одређен број питања и задатака који би били индикатори и мерили знање које је карактеристично за сваку од тих категорија. Принцип структуирања когнитивног подручја је напредовање од једноставних

до сложенијих. Из ових разлога определили смо се да квалитет знања ученика која су стечена радом на софтверу проверавамо применом Блумове таксономије. Задаци могу задовољити категорије ученика који се задржавају на најнижем нивоу – запамћивања/препознавања и репродукције, до највиших категорија – примене, анализе, синтезе и евалуације.

1.5. Преглед досадашњих истраживања

У последњих неколико година, истраживачи и јавни ауторитети све више указују на важност образовања заснованог на доказима, наглашено је да иновације у образовној пракси треба да буду засноване на чврстим емпиријским доказима шта функционише у образовању. Приступ који се често сугерише за добијање доказа о ефикасности образовних интервенција у школама или часовима (нпр. материјали за учење, наставне праксе, итд.) је кроз употребу контролисаних испитивања у школској пракси који су насумично груписани. У таквим експериментима, школе или разреди су насумично додељени експерименталним или контролним условима. Један од разлога је то што, пошто је коришћење информационих технологија постало толико популарно у последњих неколико деценија, људи често претпостављају да је делотворан на основу неких вероватно повољних карактеристика информационих технологија, а не на основу чврстих доказа (Tobias et al., 2011; Young et al., 2012). Још једна од главних брига је да употребу информационих технологија у образовној пракси често отежава неколико практичних проблема, као што су ограничено време за наставнике да уграде информационе технологије у своје часове или да се навикну на нове апликације и материјално-ресурсна ограничења као нпр. ограничен број компјутера.

Првобитно, на конференцијама Конгреса европског истраживања математичког образовања (CERME) питања везана за учење уз помоћ технологије су спадала под категорију „Средства и технологије“. Касније је назив промењен у „Средства и технологија у математичкој дидактици“ од другог до петог Конгреса и „Технологије и ресурси у математичком образовању“ од шестог до осмог Конгреса, што је већ указивало на унапређивање. Растући интерес за ову тему и све више истраживања довеле су до поделе на две групе на деветом Конгресу.

Већина радова на конференцијама Конгреса европског истраживања математичког образовања (CERME) се фокусирала на понашање ученика и учење приликом коришћења технологија. На пример, квалитативно емпиријска студија аутора (Kaya, Akcakin and Bulut, 2013) Каја, Акачина и Булута (о којој се говорило на 8. Конгресу) односи се на истраживачка питања: „Да ли употреба Геогебре путем интерактивних белих табли као наставно средство утиче на успех ученика у геометрији?“ Исто тако, експериментална истраживања Килка (Kilic, 2013) о софтверима који утичу на развој геометријског мишљења и способности доказивања у геометрији. Мисфелд и Ејсинг Дун (Misfeldt and Ejsing-Duun, 2015) су дали свој допринос у учењу математике кроз програмирање. Огроман број студија показује позитиван однос између употребе компјутера и развоја математичког мишљења у школи, као и да се применом информационих технологија и мултимедијалних презентација многи математички садржаји могу учинити уочљивијим и занимљивијим. Зарнис (Zarnis, 2012) је испитивао да ли информационе технологије помажу да се побољшају достигнућа ученика првог разреда при учењу кругова, троуглова, правоугаоника и квадрата. Резултати студија су показали да су настава и учење интерактиван процес захваљујући информационим технологијама и да имају позитиван ефекат на учење кругова, троуглова, правоугаоника и квадрата.

Анализа Међународног истраживања ПИСА открила је да они који понекад користе компјутере или интернет у школи остварују боље резултате од оних који их никад не користе. Постоји позитивна повезаност између дужине коришћења информационих технологија и учинка ученика на ПИСА тестовима из математике. „Приступ интернету побољшава резултате ученика у националним тестовима из енглеског језика, математике и природних наука.“ (Livingstone, 2012). У истраживању из 2007. године које су спровели Леј и Џао (Lei and Zhao, 2007) у основним школама, просечне оцене су побољшане само из предмета везаним за употребу технологије, тј. за софтверске ресурсе или игре које су произведене да подрже елементе плана и програма из наставе математике и историје.

Истраживање које је спроведено код нас показало је да учење помоћу компјутера повољно утиче на повећање мотивисаности ученика на учење математике без обзира на претходни успех из математике. Основни циљеви извођења наставе помоћу компјутера је упознавање ученика са математичким појмовима и идејама уз више очигледности, мотивација ученика за самосталан рад и експериментисање. Пружа им се шанса да буду

активни у учењу, да сами бирају задатке које ће решавати или да више пута понављају исте, као и да добију брзо решење задатка (Цветковић, 2014: 264).

II МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Образовно-рачунарски софтвери користе се у многим развијеним образовним системима, савремено образовање и савремена образовна технологија омогућавају ефикасније усвајање геометријских садржаја у почетној настави математике. Педагошка наука стално трага за новим решењима која ће довести до повећања квалитета и ефикасности наставе и учења. Настава се унапређује у савременом добу коришћењем нових технологија. Једна од могућности је коришћење образовно-рачунарског софтвера у почетној настави математике.

Проблем овог истраживања покушаћемо да решимо разматрајући га са теоријског и експерименталног становишта: да ли је образовно-рачунарски софтвер ефикасан при овладавању геометријским садржајима у трећем и четвртом разреду основне школе? За потребе овог рада извршено је моделовање мобилне апликације, популарно назване „Геоматиш“, на основу образовно-рачунарског софтвер компаније Кварк медија који је одобрен за употребу од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја и прати наставни план и програм за трећи и четврти разред основне школе.

Предмет истраживања је експериментална провера ефикасности образовно-рачунарског софтвера приликом решавања задатака у почетној настави геометрије у трећем и четвртом разреду основне школе, анализом постигнућа ученика на финалном тесту и ретесту знања и мишљења ученика у односу на традиционалну наставу математике. Научни, педагошки и друштвени значај предмета нашег истраживања огледа се у чињеници да на основу досадашњих теоријских разматрања и сазнања, истраживања у овој области, посебно када је реч о разредној настави и ученицима узраста од 7 до 11 година, веома ретка. Такође, у нашој земљи скоро да нема обимнијих емпиријских студија које разматрају узроке недовољне заступљености образовно-рачунарских софтвера као средства за подучавање у почетној настави математике, ефекте њихове примене и утицаје

на квалитет и трајност њихових знања. Досадашња истраживања, у свету и код нас, се углавном односе на предметну наставе и ученике старије од 11 година.

2.2. Циљ и задаци истраживања

Циљ истраживања је утврдити ефикасност примене образовно-рачунарског софтвера при усвајању садржаја из геометрије у 3. и 4. разреду основне школе. За потребе овог рада извршено је моделовање мобилне апликације, популарно назване „Геоматиш“, на основу образовно-рачунарског софтвер компаније Кварк медија који је одобрен за употребу од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја и прати наставни план и програм за трећи и четврти разред основне школе.

Из овако дефинисаног циља произилазе следећи задаци истраживања:

1. Систематизација постојећих сазнања о коришћењу и вредновању образовно-рачунарских софтвера у почетној настави геометрије.
2. Израда мобилне апликације за обраду одабраних наставних јединица из наставних тема Геометријски објекти и њихови међусобни односи у трећем разреду и Површина у четвртом разреду, као и писане припреме за часове математике у експерименталној групи.
3. Утврдити да ли постоје статистички значајне разлике између ученика експерименталне и контролне групе у постизању успеха израженим резултатом на иницијалном тесту;
4. Утврдити да ли постоје статистички значајне разлике између ученика експерименталне и контролне групе у постизању успеха на финалном тесту при израчунавању обима квадрата и правоугаоника;
5. Утврдити да ли постоје статистички значајне разлике између ученика експерименталне и контролне групе у постизању успеха израженим резултатом на финалном тесту при израчунавању површине правоугаоника и квадрата;
6. Утврдити да ли постоје статистички значајне разлике у трајности знања при израчунавању обима и површине правоугаоника и квадрата између ученика

експерименталне и контролне групе на ретесту;

7. Анализирати мишљења ученика експерименталне групе у вези са применом образовно-рачунарског софтвера на часу математике;

2.3. Хипотезе истраживања

На основу циља истраживања поставили смо следећу полазну хипотезу: применом образовно-рачунарског софтвера, популарно назван „*Геоматиш*“ постижу се бољи ефекти усвајања знања у почетној настави математике из области геометрије у 3. и 4. разреду основне школе, уз достизање трајности знања, као и позитивног мишљења ученика.

У оквиру ове опште хипотезе, а полазећи од задатака истраживања, поставили смо следеће хипотезе:

1. Претпоставља се да образовно-рачунарски софтвери могу унапредити почетну наставу геометрије.
2. Претпоставља се да не постоје значајне разлике између ученика експерименталне и контролне групе у постизању успеха израженим резултатом на иницијалном тесту;
3. Претпоставља се да ће ученици из експерименталне групе остварити статистички значајно боље резултате при израчунавању обима квадрата и правоугаоник на финалном тесту од ученика контолне групе;
4. Претпоставља се да ће ученици из експерименталне групе остварити статистички значајно боље резултате при израчунавању површине квадрата и правоугаоник на финалном тесту од ученика контролне групе;
5. Претпоставља се да ће ученици из експерименталне групе показати статистички значајне резултате у трајности знања при израчунавању обима и површине правоугаоника и квадрата на ретесту од ученика контролне групе;
6. Претпоставља се да ће ученици из експерименталне групе имати позитивна мишљења о примени образовно-рачунарског софтвера „Геоматиш“**;**

2.4. Методе, технике и инструменти истраживања

Истраживање које намеравамо да спроведемо захтева експерименталну, дескриптивну методу и методу теоријске анализе. Дескриптивну методу и методу

теоријске анализе користићемо у теоријском делу рада за утврђивање предмета, циља и задатака истраживања, формулисање хипотеза, обраду и интерпретацију резултата истраживања. Методу теоријске анализе користићемо приликом проучавања прикупљених теоријских и практичних сазнања и постојеће литературе. Овим методама ће се анализирати и Наставни план и програм математике за трећи и четврти разред, глобални и оперативни планови рада наставника, уџбеник математике за трећи и четврти разред, успех ученика из математике на крају првог полугодишта трећег разреда, утврђено време спровођења педагошког експеримента, одабране методе, експериментални фактори, инструменти и технике истраживања. У оквиру педагошког експеримента примениће се експериментална метода са паралелним групама – експерименталном (Е) групом и контролном (К) групом. Експеримент је најпоузданији научни поступак за откривање узрочних веза међу појавама. У току истраживања, у одељењима Е групе настава ће бити реализована уз помоћ образовно-рачунарског софтвера, док ће се у одељењима К групе, у исто време настава одвијати традиционалним концептом реализације наставних садржаја. У истраживању применићемо технику тестирања. Прво тестирање ће бити обављено пре почетка деловања експерименталног фактора, иницијално мерење, друго након завршетка експерименталног програма и треће (ретест) на крају четвртог разреда.

У истраживању од инструмената користићемо следеће тестове:

- иницијални тест знања;
- финални тест знања;
- ретест (који је коришћен и као финални тест);

Такође извршићемо индивидуално интервјуисање ученика експерименталне групе које ће се односити на испитивање мишљења о примени образовно-рачунарског софтвера „ГеоМатиш“ у почетној настави математике.

2.5. Варијабле истраживања

На основу анализе свих сегмената проблема и предмета истраживања утврдили смо варијабле које, према функцији у истраживању, имају статус зависних и независних варијабли.

Независна варијабла, која у овом истраживању има улогу експерименталног фактора, представља модел наставе уз помоћ образовно-рачунарског софтвера.

Зависну варијаблу представља ефикасност примене модела наставе уз помоћ образовно-рачунарског софтвера у Е групи, односно постигнуће ученика Е групе (резултати на финалном тесту и ретесту) и мишљења ученика о примени овог модела који ће се сагледавати анализом резултата анкета.

2.6. Узорак истраживања

Узорак овог истраживања чиниће ученици у експерименталној и контролној групи и то 208 ученика који у школској 2020/2021. години похађају трећи и четврти разред основне школе у Београду. Узорак ће чинити по 104 ученика у свакој групи. Кажемо да је узорак групни јер смо одабрали већ формиране групе ученика – 8 одељења у Београду.

2.7. Опис истраживачких активности

Истраживање ће се реализовати током школске 2020/2021.године у трећем и четвртом разреду кроз следеће фазе:

- Израда мобилне апликације за обраду одабраних наставних јединица из наставних тема Геометријски објекти и њихови међусобни односи у трећем разреду и Површина у четвртом разреду, као и писане припреме за часове математике у експерименталној групи.
- иницијално тестирање ученика контролне и експерименталне групе;
- уједначавање експерименталних и контролних група према иницијалном тесту;
- реализација наставних часова (од стране аутора рада) по утврђеном моделу у експерименатлним групама и реализација наставних часова (од стране учитеља) класичним приступом у контролним групама;
- финално тестирање и ретестирање ученика контролне и експерименталне групе;
- спровођење анкета са ученицима;
- статистичка обрада података;
- извођење и инетрпретација закључака.

III ИНИЦИЈАЛНА ЛИСТА БИБЛИОГРАФСКИХ ЈЕДИНИЦА

1. Банђур, В. и Поткоњак, Н. (1999). *Методологија педагогије*. Београд: Савез педагошких друштава Југославије.
2. Бранковић, Д., Мандић, Д. (2017). *Методика информатичког образовања са основама информатике*. Београд: Учитељски факултет.
3. Вилотијевић, М., Мандић, Д. (2016). *Информатичко развијајућа настава у ефикаснијој школи*. Београд: Учитељски факултет.
4. Вилотијевић, М., Вилотијевић, Н., Мандић, Д. (2018). *Пројектна настава у ИКТ окружењу*. Београд: Учитељски факултет.
5. Даниловић, М. (2003). Могућности и значај примене компјутерских игара и симулације у образовном процесу. Зборник и*нститута за педагошка истраживања,* 35, 180–192. Београд: Институт за педагошка истраживања.
6. Дејић, М., Егерић, М. (2010). *Методика наставе математике.* Јагодина: Учитељски факултет у Јагодини.
7. Дејић, М. (2013). *Број, мера, безмерје*. Београд: Учитељски факултет.
8. Дејић, М., Михајловић, А. (2015). Улога и значај историје математике у настави. *Годишњак Учитељског факултета у Врању*, VI, 67–82.
9. Ђокић, О. (2013). *Реално окружење у почетној настави геометрије,* докторска дисертација. Београд: Учитељски факултет.
10. Лопандић, Д. (2011). *Геометрија*. Београд: Завод за уџбенике.
11. Мандић, Д. (2001): *Информациона технологија у образовању.* Сарајево: Филозофски факултет.
12. Мандић, Д. (2003). *Дидактичко-информатичке иновације у образовању.* Београд: Медиаграф.
13. Мандић, Д., Ристић, М. (2006). *WEB портали и образовање на даљину у функцији подизања квалитета наставе.* Београд: Медиаграф.
14. Мандић, Д, Ристић, М. (2011). *Европски стандарди информатичких компетенција.* Београд: Чигоја.
15. Марјановић, М. (1996). *Методика наставе математике 2.* Београд: Учитељски факултет.

16. Миликић, М. (2014). Примена аудиовизуелних наставних средстава у овладавању почетним математичким појмовима. *Зборник радова са трећег међународног скупа Методички основи наставе математике III,* 154–164.
17. Милинковић, Ј. (2006). *Огледи о учењу и настави математике.* Београд: Учитељски факултет.
18. Милинковић, М., Јаблановић-Марушић, М., и Боричић-Дабић, М. (2017). *TIMSS 2015 – Постигнуће ученика из математике: главни налази, трендови и наставни програм*. Београд: Институт за педагошка истраживања.
19. Милутиновић, В. (2014). Анализа искуства и намере употребе рачунара у настави математике будућих учитеља и наставника математике. *Зборник радова са трећег међународног скупа Методички основи наставе математике III,* 213–230.
20. Милутиновић, В. (2015). *Предиктори намере употребе рачунара у настави математике*, докторска дисертација. Крагујевац: Природно-математички факултет.
21. Мићановић, В. (2012). Информациона технологија у функцији унапређења квалитета почетне наставе математике. *Иновације у настави,* XXV (4), 55–66. Београд: Учитељски факултет.
22. Мрђа, М. (2013). *Интерактивна настава математике у млађим разредима основне школе,* докторска дисертација. Београд: Учитељски факултет.
23. Надрљански, Ђ., Надрљански, М., Солеша, Д. (2008). *Дигитални медији – образовни софтвер.* Зрењанин: Технички факултет „Михајло Пупин”.
24. Наместовски, Ж. (2008). *Утицај примене савремених наставних средстава на повећање ефикасности наставе у основној школи,* магистарски рад. Зрењанин: Технички факултет „Михајло Пупин”.
25. Одаџић, В. (2016). *Ефикасност примене образовно рачунарског-софтвера у настави биологије у гимназији*, докторска дисертација. Нови Сад: Природно-математички факултет.
26. Ристић, М., Мандић, Д, (2017). *Образовање на даљину.* Београд: Учитељски факултет.
27. Ристић, М., Мандић, Д, (2018). Спремност образовног система за мобилно учење. *Социолошки преглед,* 52 (3), 1044–1071. Београд: Српско социолошко друштво.

28. Трифуновић, Д. (1980). Неке напомене о историји математике у настави. *Зборник Института за педагошка истраживања*, 13, 47–52. Београд: Институт за педагошка истраживања.
29. Потер, Џ. (2011). *Медијска писменост*. Београд: CLIO.
30. Прентовић, Б. (2014). Рачунар у функцији индивидуализације наставе математике. *Методички обзори,* 9 (19), 23–34. Пула: Свеучилиште Јурја Добриле.
31. Radosav, D. (2005). *Obrazovni računarski softver i autorski sistemi.* Zrenjanin: Tehnički fakultet Mihajlo Pupin.
32. Речицки, Ж., Гиртнер, Ж. Л. (2002). *Дете и компјутер.* Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
33. Pešić, J. M. (1998). Psihološke osnove ciljeva obrazovanja. *Novi pristup strukturi udžbenika – teorijski principi i konstrukcija rešenja,* 67–71. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
34. Ристић, М., Радовановић, И. (2013). *Интернет у образовању.* Београд: Учитељски факултет.
35. Сарачевић, М. (2012). Иновације и унапређивање наставе математике применом јава аплета у системима за е-учење. *Настава и васпитање,* LXI, (4), 723–739. Београд: Педагошко друштво.
36. Цветковић, Ј. (2014). Развијање интересовања за математику код деце школског узраста применом компјутера у настави. *Зборник радова са трећег међународног скупа Методички основи наставе математике III,* 259–275.
37. Цекуш, Г., Наместовки, Ж. (2005). Примена рачунара на наставним часовима. *Информатика, образовна технологија и нови медији у образовању*, 1, 16–29.
38. Abboud-Blanchard, M. (2009). Teachers and technologies: shared constraints, common responses. *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development*, 297–318. London: Springer.
39. Balanskat, A., Balmire, R., & Kefala, S. (2006). *The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe.* European Schoolnet. Brussels.
40. Balanskat, A. (2013). *Introducing tablets in schools: The Acer-European Schoolnet tablet pilot.* European Schoolnet. Brussels.

41. Becta (2009). *Harnessing technology review 2009: The role of technology in education and skills.* Conventry: Becta.
42. Burnett, C. (2009). Research into literacy and technology in primary classrooms: An exploration of understandings generated by recent studies. *Journal of Research in Reading,* 32(1), 22–37.
43. Clements, D. H., Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning,* 420–464. New York: Macmillan.
44. Clements, D. H. (2002). Computers in early childhood mathematics. *Contemporary Issues in Early Childhood,* 3(2), 160–181.
45. Cox, M. J., Marshall, G. (2007). Effects of ICT: Do we know what we should know? *Education and Information Technologies,* 12 (2), 59–70.
46. Dissanayake, S. N., Karunananda, A. S., Lekamge, G. D. (2007). Use of computer technology for the teaching of primary school mathematics. *OUSL Journal,* 4, 33–52.
47. Drijvers, P. et all. (2010). The teacher and the tool: Instrument orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics,* 75, 213–234.
48. Dwyer, J. (2007). Computer-based Learning in a primary school: Differences between the early and later years of primary schooling. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education,* 35(1), 89–103.
49. Eurydice, (2009). *Key data on education in Europe.* Brussels: European Commission.
50. Finegan, C., & Austin, J. (2002). Developmentally appropriate technology for young children. *Information Technology in Childhood Education Annual,* 1, 87–102.
51. Hardman, J. (2005). An exploratory case study of computer use in a primary school mathematics classroom: New technology, new pedagogy? *Perspectives in Education,* 23(4), 99–111.
52. Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet (2016). *Prijedlog kriterija za evaluaciju i preporuka za izradu digitalnih obrazovnih sadržaja.* Zagreb.
53. Kaya, G., Akcakin, V., Bulut, M. (2013). The Effects of Interactive Whiteboards on Teaching Transformational Geometry with Dynamic Mathematics Software. In *Proceedings of CERME* (Vol. 8).

54. Keong, C. C., Horani, S., Daniel, J. (2005). A study on the use of ICT in mathematics teaching. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology,* 2(3), 43–51.
55. Kilic, H. (2013). The effects of dynamic geometry software on learning geometry. In *Proceedings of CERME* (Vol. 8).
56. Lei, J., Zhao, Y. (2007). Technology uses and student achievment. *Computers & Education,* 49, 284–296.
57. Livingstone, S. (2012). Critical reflections on the benefits of ICT in education. *Oxford Review of Education,* 38(1), 9–24.
58. Lowrie, T., Jorgensen, R. (2011). Gender differences in students' mathematics game playing. *Computers & Education, 57*(4), 224–248.
59. Misfeldt, M., Ejsing-Duun, S. (2015). Learning mathematics through programming. In *Proceedings of CERME,* vol. 9.
60. Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning.* New York: McGraw-Hill.
61. Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Education of Didactiqe,* 3(1), 131–149.
62. Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics. In: D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on mathematics teaching and learning* (334–370). New York: Macmillan Publishing Company.
63. Sife, A. S., Lwoga, E. T., Sanga, C. (2007). New technologies for teaching and learning: Challenges for higher learning institutions in developing countries. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology,* 3(2), 57–67.
64. Skemp, R. (1971). *The psychology of learning mathematics.* England: Penguin Books.
65. Tall, D. (1998). Information Technology and Mathematics Education: Enthusiasms, Possibilities and Realities. In C. Alsina, J. M. Alvarez, M. Niss, A. Perez, L. Rico et A. Sfard (Eds.) *Proceedings of the 8th International Congress on Mathematical Education,* 65–82. Spain: University of Warwick.
66. Taylor, C. D. (1992). Choosing a Display Format for Instructional Multimedia: Two Screens vs. One. In *Proceedings of Selected Research and Development.* Presentations at

the convention of the Association for Educational communications and Technology, 761–785.

67. Tobias, S., et all (2011). Review of research on computer games. *Computer games and instruction,* 127–222. Charlotte, NC: Information Age.
68. Todorova A., Trgalova, J. (2016). Learning mathematics with technology. In *Proceedings of CERME,* vol.10.
69. Trautwein, U., et all (2006). Predicting homework effort: Support for a domain-specific, multilevel homework model. *Journal of Educational Psychology, 98,* 438–456.
70. Young, M. F., et all (2012). Our princess is in another castle: A review of trends in serious gaming for education. *Review of Educational Research,* 82(1), 61–89.
71. Zaranis, N. (2012). The use of ICT in preschool education for geometry teaching. In R. Pintó, V. López, & C. Simarro (Eds.), *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Based Learning in Science, Learning Science in the Society of Computers*, 256–262. Barcelona, Spain: Centre for Research in Science and Mathematics Education.