

ПРИМЕНА ДИГИТАЛНОГ МАСТИЛА У ОНЛАЈН НАСТАВИ МАТЕМАТИКЕ

Владимир Кузмановић¹ Санда Баљошевић²

Резиме: Развојем информационо-комуникационих технологија и мрежне инфраструктуре отварају се разни аспекти за унапређивање наставе математике на даљину. С обзиром на тренутну ситуацију са пандемијом COVID19, неопходно одржавање дистанце и смањен обим присуства ученика на редовној настави, квалитетни наставни материјали доступни ученицима у сваком тренутку постају императив сваког наставника. Поред наставних материјала, квалитетно и редовно одржавање наставе је неопходно за правилно усвајање градива, развој радних навика и осећаја одговорности код ученика. У овом раду, осврнућемо се на одржавање наставе математике путем Интернета у реалном времену употребом дигиталног мастила и графичке табле (енг. Pen tablet) помоћу које је могуће писати слободном руком по виртуелној бесконачној табли коју ученици виде, софтвера за видео конференције и дигиталне учионице. Такође, у раду ће бити предложен начин за креирање дигиталних дидактичких материјала које ученици могу да користе код куће приликом учења. На крају, биће описане уочене предности и мане оваквог приступа у настави математике, као и могућа решења уочених проблема.

Кључне речи: дигитално мастило, графичка табла, онлајн настава, учење на даљину, методика наставе математике, ИКТ у образовању

USE OF DIGITAL INK IN TEACHING MATHEMATICS ONLINE

Abstract: Development of information and communication technologies as well as network infrastructure leads to numerous possibilities for the improvement of teaching mathematics online. Given the current situation with the COVID19 pandemic, necessary social distancing and reduced attendance of students, easily accessible quality distance learning materials become imperative for every teacher. Besides distance learning materials, teaching classes on a regular bases in a quality manner is necessary so the students can master all the topics in the curriculum, develop their working habits and sense of responsibility. In this paper, we will address the concept of online mathematics teaching using video conferencing software, virtual classroom, digital ink and a pen tablet which allows free-hand writing on an infinite virtual blackboard that students can see. Also, in this paper we will recommend ways for creating digital distance learning materials accessible to students for learning at home. Finally, we will analyze the benefits and drawbacks of such an approach in online mathematics teaching, as well as a few possible solutions to the problems that arise in online teaching.

Key words: digital ink, digital pen, online teaching, distance learning, mathematics teaching methodology, ICT in education

1. УВОД

Развој информационих и комуникационих технологија и њихово свеопште присуство у свакодневном животу доводи до великих промена у образовним системима као и очекивањима ученика и студената од истих [1]. Напредак у квалитету животног стандарда води ка променама потреба појединца и тржишта рада и због тога образовни системи широм света треба да се прилагоде потребама модерног доба. У складу са тим, једна алтернатива класичном образовном процесу може да буде онлајн учење на даљину [2].

Имајући у виду темпо живота модерног човека, онлајн учење постаје битан образовни модел данашњице. На тај начин, ученицима и студентима обезбеђује се окружење за учење које није везано за одређени простор и одређено време. Међутим, онлајн учење на даљину доводи до неколико озбиљних проблема са којима се суочавају

¹ Владимир Кузмановић, Математички Факултет, Универзитет у Београду, Студентски Трг 16, 11000 Београд, e-mail: vladimir_kuzmanovic@matf.bg.ac.rs

² Санда Баљошевић, Основна школа Уједињене нације, Борова 8, 11000 Београд, e-mail: sandabaljosevic@gmail.com

и наставници и ученици. Најчешћи проблеми и ограничења су пре свега недостатак мотивације, одсуство директног контакта наставника и ученика и низак ниво интеракције учесника у процесу учења на даљину [3], [4]. Да би се смањило ефекат ових ограничења и побољшао квалитет онлајн наставе неопходно је остварити висок ниво интеракције између наставника и ученика у онлајн окружењу.

У поређењу са класичним асинхроним учењем на даљину, онлајн учење на даљину употребом Интернета значајно олакшава интеракцију наставник-ученик. Интеракција се може остварити разним софтверима за видео конференције, софтверима за презентације, блогovima, форумима, разним алатима за писану и видео комуникацију у реалном времену итд. [5]. Међутим, ови алати нису довољни да обезбеде правилну и довољну интеракцију наставник-ученик да би се настава математике могла изводити ефикасно у онлајн окружењу [6]. Ниво интеракције наставник-ученик у настави математике може се значајно подићи употребом графичких табли или других уређаја и алата заснованих на дигиталном мастилу [7].

Технологије засноване на дигиталном мастилу, попут графичких табли, омогућавају наставницима да својеручно оловком пишу по виртуелној табли чији се садржај може чувати у дигиталном облику и као такав делити са ученицима. Софтвер за видео конференције и дигитално мастило омогућавају ученицима да у реалном времену на својим екранима синхронизовано виде садржај који наставник пише својом руком по графичкој табли.

Када је у питању настава математике, на исходе у учењу директно утичу јасан приказ математичких концепата и проблема, јасно излагање поступака приликом решавања проблема, као и ефикасна интеракција наставник-ученик [8], која као основни принцип математичког образовања омогућава правилно учење математичког размишљања, логичког закључивања и вештине разматрања различитих случајева [9]. Презентације и слајдови нису довољни да би се неки математички концепт јасно изложио, већ је неопходно писање у реалном времену да би се процес решавања проблема ефикасно објаснио. Да би се ово ограничење превазишло, могуће је користити технологије засноване на дигиталном мастилу. Дигитално мастило омогућава дигитализацију руком писаних белешки помоћу графичке табле, па наставници математике могу својом руком да пишу по дигиталном папиру, да чувају своје белешке ради архивирања и да писани садржај помоћу софтвера пребаце на екран.

У наставку рада, биће описани неопходни дигитални алати уз помоћ којих је могуће организовати и држати наставу математике на даљину у реалном времену. Затим, биће разматрани начини за организацију наставе, успешну реализацију наставног процеса и интеракције са ученицима. Након тога, биће разматрани постигнути резултати у онлајн настави математике у петом, шестом и седмом разреду у ОШ „Уједињене нације” у Београду током пандемије COVID19. На крају, биће приказани извучени закључци, као и предности и мане оваквог приступа у одржавању наставе математике на даљину.

2. НЕОПХОДНИ ДИГИТАЛНИ АЛАТИ

Да би настава математике могла да се одржава ефикасно у онлајн окружењу неопходно је поседовати графичку таблу и оловку, као и скуп софтверских алата који омогућавају креирање дигиталних наставних материјала за учење на даљину. Поред графичке табле неопходно је поседовати и софтвер за видео конференције, софтвер за дигиталну школску таблу, софтвер за аудио и видео обраду и софтвер за дигиталну учионицу.

Да би се обезбедило онлајн окружење за учење на даљину, неопходна је употреба софтвера за видео конференције. Копије софтвера треба да имају сви учесници у онлајн настави. Да би се интеракција наставник-ученик подигла на виши ниво поменути софтвер би требало да подржава дељење екрана. Софтвер би требало да омогући контролу приступа, као и дефинисање улога наставника и ученика, нпр. да наставник може да одлучи ко када има реч и ко дели екран у ком тренутку. Такође, софтвер би требало да омогући дизање руке као једноставан механизам којим се тражи реч. Поред тога, софтвер треба да подржава довољан број корисника тако да у сваком тренутку цело одељење може да присуствује настави. Поред броја корисника, софтвер треба да омогући и довољно трајање часа.

Поред софтвера за видео конференције, наставник треба да поседује и софтвер којим ће на свом рачунару креирати виртуелну школску таблу по којој ће писати уз помоћ своје графичке табле и оловке. Софтвер за графичку таблу треба да омогући једноставно додавање и форматирање садржаја на табли, као и конвертовање написаног садржаја у неки широко доступан и преносив дигитални формат нпр. PDF да би ученици касније лако могли поново да прегледају садржај часа када желе и колико год пута желе.

Софтвер за аудио и видео обраду је неопходан да би се направили квалитетни дигитални наставни материјали. Софтвер треба да подржи независну обраду видео и аудио канала, снимање радне површине и конвертовање садржаја у неки широко подржани видео формат.

Да би се избегла изолација ученика у онлајн окружењу, потребно је креирати онлајн учионицу помоћу које ће ученицима бити омогућена интеракција са наставником, али и међусобно. Дигитална учионица је корисна за мотивисање ученика и креирање осећаја припадности групи. Она представља асинхрону допуну синхроној онлајн настави у реалном времену и треба да садржи преглед одржаних часова и доступних материјала.

3. ОРГАНИЗАЦИЈА НАСТАВНОГ ПРОЦЕСА

Наставни процес у онлајн окружењу се значајно разликује од оног у учионици. Поред извођења наставе, посебну пажњу треба посветити припреми часова, наставних материјала и организацији активности којима би се ученици активније укључили у наставни процес. Активности треба да буду такве да покрију активан рад ученика током трајања онлајн часа, као и њихов самостални рад код куће чиме се омогућава самоевалуација знања. Све ученике треба подједнако укључити у реализацију плана и програма и охрабрити њихову међусобну комуникацију и интеракцију са наставником.

Битан аспект онлајн наставе на даљину је информатичка писменост наставника и ученика. Наставник треба да буде оспособљен да користи графичку таблу, дигиталну оловку и све неопходне софтверске алате. Поред тога, наставник треба да буде довољно упознат са самим технологијама тако да може неприметно да отклони сваки технички проблем који може да се јави током извођења наставе онлајн у реалном времену. На тај начин, акценат ће увек бити на градиву и сарадњи са ученицима. Све већим присуством технологије у свакодневном животу, информатичка писменост ученика је све виша и примена нових технологија не би требало да им представља проблем. Интеракција наставник-ученик треба да се одржава све време током трајања онлајн наставе у реалном времену, као и асинхроно помоћу дигиталне учионице.

Имајући све ово у виду, организација наставе се може поделити на следеће фазе: припрема наставе и наставних материјала, реализација наставе и интеракција са ученицима изван часова.

3.1. Припрема наставе и наставних материјала

Да би онлајн учење на даљину могло успешно да се изведе, неопходно је сваки час пажљиво припремити и методички добро осмислити. Спремање наставе може се објединити са припремом наставних материјала. Након сваког одржаног часа ученицима треба обезбедити адекватне пратеће материјале који обухватају садржај часа као и неколико питања за самоевалуацију.

Након што направи идејну организацију часа, наставник треба да креира костур часа уз помоћ графичке табле и софтвера за дигиталну школску таблу. Тако се не губи време на исписивање задатака током часа, већ се фокус може пребацити на излагање градива и кораке неопходне за решавање проблема који се разматра. Такође, ученици могу лакше да се фокусирају на анализу проблема који се решава зато што је проблем унапред у потпуности приказан на табли.

Наставне материјале који прате час наставник може лако да направи тако што само попуни костур решењима. На тај начин добија се дигитализовани садржај часа који ученици могу да користе у будућности где год и када год желе. Поред овога, наставник може да користи софтвер за снимање радне површине и сними себе током попуњавања костура и да корак по корак објасни ученицима како се решава разматрани проблем. Уколико се наставник одлучи на снимање и прављење видео материјала треба да обрати пажњу на квалитет излагања као и темпо излагања. Након завршетка снимања, потребно је обрадити видео и аудио снимак тако да буде довољно квалитетан да би ученици могли да користе наставни материјал на својим уређајима.

3.2. Реализација наставе

За реализацију наставе неопходно је користити софтвер за видео конференције, софтвер за дигиталну школску таблу и графичку таблу. Помоћу софтвера за конференције могуће је поделити садржај екрана наставника, тј. виртуелну школску таблу, са ученицима. На тај начин, ученици ће пред собом у реалном времену видети садржај који наставник буде писао по виртуелној школској табли.

Приликом наставе у онлајн окружењу наставник мора посебно да води рачуна о квалитету изражавања и детаљности излагања. С обзиром да не постоји директан контакт између ученика и наставника током учења на даљину, наставник треба да се труди да објашњења буду детаљна. Наставник треба да се труди да говори јасно и прецизно, да води рачуна о дикцији и правилном изражавању. Такође, изузетно је важно да наставник говори динамично, а не једнолично и да тоном свог гласа постави акценат на битне ствари током предавања.

Битан аспект учења на даљину представља и култура комуникације свих учесника у онлајн окружењу. Да би се осигурао квалитет наставе, наставник треба да води рачуна о посећености часова, о контроли приступа часовима и о потребама ученика током наставе. Са тим у вези, корисно је да софтвер за видео конференције подржава дизање руке, јер на тај начин лако може да се прати ко је затражио реч.

Након завршетка часа, наставник би требало да сачува садржај табле и да направи списак питања ученика и одговоре на та питања. Сачувани садржај треба да подели са ученицима, јер им то може помоћи у учењу на даљину.

3.3. Интеракција са ученицима изван часова

Имајући у виду раније поменути временску и просторну флексибилност учења на даљину, интеракција са ученицима се не завршава са завршетком онлајн часа у реалном времену. Да би интеракција наставник-ученик могла да буде на високом нивоу током целог трајања онлајн учења на даљину, наставник треба да омогући начин комуникације са ученицима и изван редовних часова. Поред тога, наставник треба да омогући и лако и једноставно дељење наставних материјала. У ту сврху наставник може да користи неки од доступних алата за управљање учењем или алата за креирање дигиталне учионице који у себи обједињују различите могућности комуникације, управљања фајловима и дељења наставних материјала.

Да би учење на даљину било успешно, наставник треба да посматра дигиталну учионицу као продужетак свог часа и алат за боље разумевање ученика и њихових потреба. Да би се повећао ниво интеракције наставник-ученик, наставник треба да објави најаву и преглед тема пре сваког часа, након сваког часа да подели са ученицима све унапред припремљене наставне материјале, као и садржај табле и списак питања са одговорима. Наставник треба да води рачуна да садржаји у оквиру учионице буду јасно именовани, прегледни, лако доступни и тематски подељени.

Ако се наставник одлучи за припремање видео и аудио материјала, требало би да користи неки од лако доступних алата у облаку. На тај начин, моћи ће лако да управља својим наставним садржајима и да има контролу над тиме ко може да види те садржаје. Приликом израде видео материјала наставник треба да се потруди и да их направи тако да ученици имају осећај као да су на часу када гледају снимак. Ученике на почетку треба поздравити, изложити резиме часа, а затим прећи на поступно и квалитетно излагање градива. На крају часа, ученицима треба оставити питања за самоевалуацију и поздравити их.

4. ПРИМЕНА У НАСТАВИ МАТЕМАТИКЕ И РЕЗУЛТАТИ

С обзиром на тренутну ситуацију са пандемијом од почетка године било је јасно да период који ученици проводе учећи на даљину једноставно није довољан за успешно савладавање градива и због тога смо одлучили да прављењем онлајн наставних материјала за учење на даљину изједначимо групу ученика који уче на даљину са групом ученика који похађају наставу у учионици. На тај начин, ученици који су код куће би слушали исто градиво као и ученици који су у школи, чиме би имали једнаке услове за савладавање наставних јединица. Поред истог градива, слушали би објашњења свог наставника и имали би субјективни утисак као да су на класичном школском часу, чиме се на неки начин надомешћује одсуство из школе и смањује осећај изолације. Применом графичке табле и технологија заснованих на дигиталном мастилу у настави математике у петом, шестом и седмом разреду у ОШ „Уједињене нације” у Београду покушали смо да изједначимо групу ученика која наставу прати на даљину са групом ученика у учионици. Додатно, сви онлајн наставни материјали су свим ученицима све време доступни и могу да их користе за вежбање и разјашњавање нејасноћа.

Да би се повећао ниво интеракције наставник-ученик на почетку године је за свако одељење направљена посебна дигитална учионица која је коришћена као централно место за комуникацију ван часа и за дељење материјала. Сви материјали су постављени на облак и на тај начин је омогућено ученицима да материјалима приступе у сваком тренутку са било ког мултимедијалног уређаја повезаног на интернет.

Сваком часу је придружен одговарајући видео материјал, као и писани материјал који прати час. Видео материјали су дељени са ученицима на почетку часа, тако да ученици који су код куће могу истовремено да прате час као и ученици у школи.

Да би се реализовала настава математике на даљину у петом, шестом и седмом разреду основне школе припремљено је и реализовано за сваки разред по 34 онлајн наставна материјала за учење на даљину који прате наставу у школи. Сваки од 34 наставних материјала састоји се из одговарајућег писаног материјала и аудио и видео снимка. Просечно трајање видео материјала је 20 минута, а просечна дужина писаних материјала је 7 страна.

Писани материјал представља садржај часа који је дигитализован помоћу графичке табле и технологије дигиталног мастила. Након дигитализације садржај је извезен у PDF као широко подржан формат који је ученицима једноставан и лак за коришћење. Писани видео материјали замишљени су као дигитална свеска доступна сваком ученику у сваком тренутку.

Видео материјали представљају кратак филм у којем је до најситнијих детаља описан поступак решавања изабраних задатака ако се ради о часу вежбања или детаљан опис новог концепта који се уводи на часовима обраде праћен адекватним примерима. Видео материјал представља снимак радне површине на којој се види виртуелна школска табла по којој остаје траг наставниковог рукописа који се дигитализује помоћу графичке табле и технологије дигиталног мастила. Поред дигитализованог рукописа, снимак садржи и синхронизовани аудио запис свих неопходних објашњења које наставник излаже током снимања. Видео снимак у потпуности прати писане материјале и ни у једном тренутку не одступа од унапред припремљеног садржаја часа. Видео материјали замишљени су као видео лекције доступне сваком ученику у сваком тренутку.

Припремљени писани и видео материјали подељени су са ученицима помоћу дигиталне учионице и трајно су сачувани у облаку. На тај начин, сваки ученик може својим темпом у време које му одговара и на месту које му одговара, поново да прегледа доступне видео материјале и користи их као ресурс за учење.

Овакав приступ представља асинхрону онлајн наставу у којој не постоји тренутна интеракција наставника и ученика који наставу прате на даљину, већ се своди на комуникацију уз помоћ дигиталне учионице или директно са наставником када су у школи. Иако је степен интеракције наставник-ученик у оваквом облику учења на даљину нижи него када се ради о синхроној онлајн настави, оно што се одмах дало приметити јесте да је ученицима овакав иновативан приступ у учењу на даљину изузетно интересантан и мотивишући.

Ученици сами истичу да им се овакав начин учења на даљину изузетно свиђа и да им пуно помаже у процесу усвајања градива, развијања математичког размишљања и логичког закључивања. Видео снимке могу да гледају својим темпом када они то желе на било ком мултимедијалном уређају, видео снимак могу да паузирају, врате назад и погледају поново колико год пута желе што им значајно олакшава процес учења и оставља неупоредиво мање нејасноћа у поређењу са класичном наставом. Такође, као велику предност оваквог приступа у онлајн учењу истичу доступност материјала у сваком тренутку и посебно наглашавају могућност да све снимке поново погледају и обнове своје знање пред сваку проверу.

Ми као наставници можемо да приметимо значајно већу мотивисаност ученика и њихову много већу спремност да изразе своје мишљење и постављају питања,

спремнији су и вољнији да активно учествују у раду на часу, отворено покрећу дискусије и интересују се за различите начине којима је могуће доћи до исправног решења, брже и лакше усвајају градиво и повезују га са претходним знањем. Као последица очигледан је пораст математичког самопоуздања ученика и њихове спремности на преузимање иницијативе у раду. Такође, критички приступ учењу и раду на часу је код већине ученика заменио некритичко усвајање шаблона за израду задатака.

Преласком на синхрону онлајн наставу 30.11.2020. године где сви ученици прате наставу искључиво онлајн и уче на даљину, једино што се изменило јесте директан контакт наставник-ученик који је до тог тренутка постојао у смањеном обиму. Ученици су ту промену прихватили без икаквих проблема и били су информатички довољно писмени да истог тренутка наставимо са часовима онлајн у реалном времену. С обзиром да су навикли на примену графичке табле и дигиталног мастила у настави, добра атмосфера и изграђен висок ниво интеракције наставник-ученик су се пренели и на онлајн часове.

Ученици су као посебну предност синхроне онлајн наставе истакли то што и током изолације постоји начин да се настава држи уживо, јер је то једини начин да активно учествују у наставном процесу и да истог тренутка добију одговор на своја питања. Такође, примена графичке табле и дигиталног мастила у настави према њиховим речима доноси школску таблу у њихове домове и много им је лакше да прате наставу када наставник пише својом руком него када листа слајдове или чита са папира. Интеракција наставник-ученик и поступно решавање проблема темпом који ученици могу да прате су кључни за наставу математике, што и ученици примећују и позитивно оцењују. Такође, битно је напоменути да синхрона онлајн настава омогућава остваривање васпитног аспекта наставе кроз стални контакт са ученицима и интересовање за проблеме са којима се они сусрећу. Последица тога је и одржавање ауторитета и одржавање онлајн наставе на једнако квалитетан начин као и да се та настава одржава уживо у школи.

У реализацији предложеног методичког приступа у настави математике на даљину коришћена је Wasom графичка табла и припадајући управљачки софтвер, OpenBoard софтвер за дигиталну таблу, Camtasia софтвер за обраду припремљених видео материјала, Google Meet софтвер за видео конференције, Google Classroom софтвер за дигиталну учионицу и Google Drive софтвер за управљање наставним материјалима у облаку.

5. ЗАКЉУЧАК

Имајући све у виду, очигледно је да примена технологија заснованих на дигиталном мастилу у настави математике на даљину доноси низ предности у организацији и реализацији наставе. На крају, даћемо неколико запажања која смо уочили у вишемесечној примени графичке табле и алата заснованих на дигиталном мастилу у настави математике на даљину:

- За успешну реализацију наставе математике на даљину помоћу технологија заснованих на дигиталном мастилу, наставник прво мора да буде упознат са технологијом и свим неопходним алатима за реализацију наставе. Након упознавања са алатима потребно је да прође неко време за привикавање на писање по графичкој табли и на стварање осећаја о начину на који се писање по графичкој табли дигиталном оловком пресликава на екран.

- Употреба графичке табле и технологија заснованих на дигиталном мастилу подиже квалитет комуникације и интеракције наставник-ученик. Последице, мотивисаност ученика и њихова жеља да учествују у наставном процесу су значајно увећани, као и њихово самопоуздање и спремност на дискусију током и након наставе.
- Настава математике на даљину без употребе технологија заснованих на дигиталном мастилу доводи до потешкоћа у преношењу знања и илустровању математичких концепата, што неминовно доводи до пада интеракције на часовима и смањеној могућности остваривања педагошких аспеката наставе.
- Употреба технологија заснованих на дигиталном мастилу олакшава организацију и реализацију наставе. У настави математике није могуће приказати многе концепте, симболе, процес решавања проблема, брзо и квалитетно дати одговоре на питања и осигурати висок ниво интеракције наставник-ученик без употребе технологија заснованих на дигиталном мастилу.

На крају, онлајн настава математике и учење на даљину имају и неколико озбиљних недостатака који се пре свега огледају у изузетно тешком начину формалног оцењивања. Када је у питању формално оцењивање из математике, квизови у којима се очекује само тачан одговор нису решење, јер је битан и поступак којим ученик решава задатак. Такође, када ученик има било какву проверу знања, једноставно не постоји начин којим се може осигурати да ученик заиста самостално ради свој рад.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Morewood, A.L., Ankrum, J.W., & Bean, R.M. (2010). *Teachers' perceptions of the influence of professional development on their knowledge of content, pedagogy, and curriculum*. College Reading Association Yearbook, 31, 201-219.
- [2] Schunk, D. H. (2008). *Learning theories: An educational perspective* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- [3] Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J.L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2530-2540.
- [4] Watson, S. (2010). Increasing online interaction in a distance education MBA: Exploring students' attitudes towards change. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), 63-84.
- [5] Beldarrain, Y. (2006). Distance Education Trends: Integrating new technologies to foster student interaction and collaboration. *Distance Education*, 27(2), 139-153.
- [6] Maclaren, P. (2014). The new chalkboard: the role of digital pen technologies in tertiary mathematics teaching. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 33(1), 16-26.
- [7] Mehlhorn, S., Parrott S., Mehlhorn, J., Burcham, T., Roberts, J., & Smartt, P. (2011, February). *Using digital learning objects to improve student problem solving skills*. Paper presented at the meeting of the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Corpus Christi, Texas. Retrieved on 26 November 2014 from <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/98763/2/LivescribeSAEAPaperFINAL.pdf>

- [8] Karal, H., Kokoc, M., Colak, C., & Yalcin, Y. (2013). Using pen-based technology in online mathematics course: An evaluation study. *European Journal of Open, Distance and e-Learning*, 16(2), 152.
- [9] Artemeva, N. & Fox, J. (2011). The writing's on the board: The global and the local in teaching undergraduate mathematics through chalk talk. *Written Communication*, 28, 345-379. doi:10.1177/0741088311419630