

МЛАЂЕН ТРИФУНОВИЋ
АЛЕКСАНДРА ПЕТРАШЕВИЋ

Пјешчани модел проширене стварности

– историјат, основне компоненте и
употреба у развоју просторног мишљења
у топографском моделовању

МОНОГРАФИЈА



ГЕОГРАФСКО
ДРУШТВО
РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ

ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ
GEOGRAPHIC SOCIETY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

ПОСЕБНА ИЗДАЊА
КЊИГА 54

Млађен Трифуновић и Александра Петрашевић

ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ

– историјат, основне компоненте и употреба

у развоју просторног мишљења

у топографском моделовању

монографија

Бања Лука, 2021. године

Млађен Трифуновић и
Александра Петрашевић
ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ
ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ
– историјат, основне компоненте и
употреба у развоју просторног мишљења
у топографском моделовању

ПОСЕБНА ИЗДАЊА
КЊИГА 54

Издавач
ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ
Бања Лука, Младена Стојановића, 2

За издавача
ДР РАЈКО ГЊАТО,
редовни професор

Уредник
ДР ДРАШКО МАРИНКОВИЋ,
редовни професор

Рецензенти:
ПРОФ. ДР МИРА МАНДИЋ
ПРОФ. ДР МИЛКА ГРМУША

Припрема за штампу
МИЉАН СТУПАР

Штампа
АРТ ПРИНТ,
Бања Лука

Тираж
200 ПРИМЈЕРАКА

ISBN 978-99976-937-4-7

Млађен Трифуновић и Александра Петрашевић

ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ

– историјат, основне компоненте
и употреба у развоју просторног мишљења
у топографском моделовању
монографија

Садржај

СПИСАК ПРИЛОГА	9
УВОД	13
Пјешчани модел проширене стварности – од игре до науке	13
Дефиниција и основне карактеристике проширене стварности	16
Историјски развој система проширене стварности	20
ОСНОВНЕ ХАРДВЕРСКЕ И СОФТВЕРСКЕ КОМПОНЕНЕТЕ	
СИСТЕМА ЗА ПРОШИРЕЊЕ СТВАРНОСТИ	27
Хардвер	27
Сензори	27
Акустично праћење	28
Електромагнетно праћење	29
Екрани	30
Основне софтверске компоненте система проширене стварности	32
Проширена стварност путем интернет мреже – WebAR	34
Методe идентификације, регистрације и позиционирања дигиталних објеката	37
Pokemon Go	45
Подручја примјене проширене стварности и неке од важнијих апликација	47
AR у индустријској производњи	48
AR у медицини	50
Употреба у едукацији	52
Геонауке	55
Истраживачки приоритети и правци даљег развоја у домену технологије проширене стварности	59

ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ	63
Развој	63
Основне компоненте пјешчаног модела проширене стварности	65
<i>Рачунар</i>	65
<i>Кинект камера</i>	66
<i>Пројектор</i>	67
ПРОСТОРНО МИШЉЕЊЕ У ОКРУЖЕЊУ ПЈЕШЧАНОГ МОДЕЛА	
ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ	71
Важност просторног мишљења у савременом образовању	71
<i>Резултати испитивања</i>	75
Дефинисање просторног мишљења	76
Концепти просторног мишљења	77
Основне категорије и главне компетенције просторног мишљења у окружењу проширене стварности	79
Пројективна просторност – темељна компетенција просторног мишљења у раду са пјешчаним моделом проширене стварности	82
<i>Појам њавца – основа развоја ѡројективне ѡроспирности</i>	82
<i>Еуклидовска ѡроспирности</i>	84
<i>Референцини системи и хоризонтално-вертикалне координате</i>	85
Пјешчани модел проширене стварности, социјални конструктивизам и утјеловљена когниција	88
Пјешчани модел проширене стварности и утјеловљена когниција	89
ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ У ИНТЕРПРЕТАТИВНОМ ПРИСТУПУ НАСТАВНОМ ПРОЦЕСУ	95
Колаборативни рад на пјешчаном моделу проширене стварности размјена интерпретација и врсте просторног мишљења	97
<i>Резултати испитивања</i>	97
ПЈЕШЧАНИ МОДЕЛ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ И ТОПОГРАФСКО МОДЕЛОВАЊЕ	99
Основне тешкоће са којима се сусрећу ученици приликом интерпретације топографских садржаја	99
Израда општег плана рада на пјешчаном моделу проширене стварности у оквиру интерпретативног приступа	102
<i>Врсте ѡишних ѡредрасуда – ѡредзнања и начини њихове корекције</i>	103
<i>Оиша шема (модел) рада са ѡјешчаним моделом</i>	105
Провјера рада система и покретање програма пјешчаног модела проширене стварности	107
Демонстрација рада пјешчаног модела проширене стварности ученицима	108

ПРАКТИЧНИ ДИО РАДА СА ПЈЕШЧАНИМ МОДЕЛОМ	
ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ	111
1. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности	112
2. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности	118
3. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности	124
4. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности за наставни садржај попречни профил рељефа	128
5. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности	133
6. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности	140
ЗАКЉУЧАК	147
ПРИЛОГ – ИНСТАЛАЦИЈА СОФТВЕРА И ПОДЕШАВАЊЕ КОМПОНЕНАТА ПЈЕШЧАНОГ МОДЕЛА ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ	151
Инсталација софтвера	151
ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ	165

Списак прилога

Слике:

Слика 1.	VR Heads.	14
Слика 2.	Континуум физикална стварност – виртуелност према Milgram & Kishino	18
Слика 3.	Изглед првог уређаја за проширену стварност Ивана Садерленда	21
Слика 4.	Основне компоненете прозирног екрана монтираног на главу (HUD) укључујући извор слике, релејни систем сочива и раздвајач зраке.	22
Слика 5.	Камелеон	24
Слика 6.	Шематски приказ Бедерсеновог уређаја за аудио водича у окружењу проширене стварности	25
Слика 7.	Изглед визира са камером и слушалицама и слушалицама MARS	25
Слика 8.	Мобилни систем проширене стварности	25
Слика 9.	Врсте уређаја за праћење у оквиру проширене стварности	28
Слика 10.	Електромагнетски сензори за праћење покрета прстију на уређају Power Glowe	29
Слика 11.	Различите врсте екрана у оквиру проширене стварности	30
Слика 12.	Шема функционисања ретиналног екрана	31
Слика 13.	МојоLens, паметна сочива	32
Слика 14а.	Начин рада WebAR	35
Слика 14б.	Изглед маркера у Рекимотов систему (Лијево оригинални, десно прочитан путем камере)	38
Слика 15.	Шема функционисања система маркирања и позиционирања дигиталног објекта према ARtoolkit	39
Слика 16.	Примјер система сарадничке проширене стварности	40
Слика 17.	Примјер проширивања стварности на платформи комерцијалног мобилног телефона	41
Слика 18.	Изглед AR маркера чијом се регистрацијом покреће видео приказ	41

Слика 19.	Мапа радног стола (горе) урађена на основу анализе фрејмова видео снимка (доле)	43
Слика 20.	Прототип гуглових наочара из 2013. године	44
Слика 21.	Glass из 2019. године, Enterprise Edition 2	44
Слика 22.	Проширена стварност у игри Pokemon Go	46
Слика 23.	Удио појединих сегмената примјене AR на тржишту у 2020. години	47
Слика 24.	Заваривачка обука у окружењу проширене стварности	49
Слика 25.	Canon MREAL System	49
Слика 26.	ОксСајт наочаре, модел Onix	51
Слика 27.	Рендген (1) са ниским степеном зрачења; који користи систем проширене стварности (2), тродимензионални приказ пацијентове кичме приликом планирања хируршког захвата (3)	52
Слика 28.	Могуће методе и приступи употребе AR у образовању	53
Слика 29.	ALF систем. Горе: Наставник у току предавања са AR уређајем. Доље: Статус појединих студената доступан наставнику путем AR наочара	54
Слика 30.	Ученик манипулише 3D моделом у окржењу проширене стварност	56
Слика 31.	Изглед 3D модела проширене стварности кретања Земље око Сунца	56
Слика 32.	Употреба проширене стварности (виртуелно огледало) у објашњењу посљедица револуције Земље	57
Слика 33.	Симулација поплаве путем AR система HoloFlood суперпонирана преко радног стола	59
Слика 35.	Игра Mimicry, групе Monobanda из Холандије	63
Слика 36.	Интерактивни кинект пјешчаник	64
Слика 37.	Сензори дубине на Кинект камери за Xbox 360	66
Слика 38.	Монтажа кинект камере и пројектора	67
Слика 39.	Радни лист са интегрисаним приказом (горе) и радни лист са скицом из уџбеника (доље)	100
Слика 40.	Шема инструктивног рада наставника приликом поучавања принципа трансфера рељефности у доводимензионални приказ	104
Слика 41.	Илустрација различитих радњи у пјешчаном моделу проширене стварности	109
Слика 42.	Прибор за рад са пјешчаним моделом	112
Слика 43.	Једноставни облик рељефа приказан у окружењу пјешчаног модела проширене стварности	116
Слика 44.	Изглед рељефног облика у пјешчаном моделу проширене стварности	121

Слика 45.	Изграђени рељефни облици у пјешчаном моделу (доље) и урађене скице њихових изохипси (горе)	122
Слика 46.	Различити облици изохипси на основу којих треба израдити рељефне облике на пјешчаном моделу проширене стварности	123
Слика 47.	Одређивање попречног профила рељефа помоћу пјешчаног модела проширене стварности	127
Слика 48.	Пренос висина са рељефног облика израђеног у пјешчаном моделу AR на таблу приликом поступка израде попречног профила	131
Слика 49.	Задатак за завршни дио часа. Одабрати одговарајући профил и реконструисати рељефни облик. Приказан на карти	132
Слика 50.	Кишни штап	135
Слика 51.	Ученици командом рукама изазивају дигитализовани ефекат кише на пјешчаном моделу проширене стварности	137
Слика 51.	Могући изглед рељефног облика за одређивање сливног подручја	138
Слика 52	Могући изглед пјешчаног облика за демонстрацију подизања нивоа мора	142
Слика 52.	Поравнање 3D кинект камере.	156
Слика 53.	Цртање квадратне базе	158
Слика 54.	Изглед менија за одређивање базе оквира пјешчаног модела	158
Слика 55.	Изглед екрана приликом мјерења површине пијеска	159
Слика 56.	Изглед пројектоване калибрационе мреже у сандук са пијеском. При врху десне стране сандука је уочљива је тест линија.	160
Слика 57.	Изглед екрана (црвена боја пијеска) после активирање функције <i>recapture background</i> .	161
Слика 58.	а) Мета за одређивање тачака калибрације и подизачи за висинске зоне б) Постављање мете на најнижи ниво – поравнање са пројектованом мрежом	162
Слика 59.	Калибрација камере кинекта и пројектора на највишој зони	163

Табеле:

Табела 1.	Техничке спецификације гугл Glass Enterprise Edition 2 наочара	45
Табела 2.	Списак потребних компоненти за изградњу пјешчаног модела AR	68

Табела 3.	Сумирање објављених истраживања о пјешчаном моделу проширене стварности	73
Табела 4.	Концепти просторног мишљења различитог нивоа тежине и поједини примјери употребе	78
Табела 5.	Категорије просторног мишљења које су развили Њукомби и Шипли	80
Табела 6.	Завршне етапе (3. и 4.) развоја концепција просторности према Пијажеу и Инхелдеру	87
Табела 7.	Карактеристике трансмисионог и интерпретативног типа разредне „климе”	96
Табела 8.	Опис просторних радњи у пјешчаном моделу проширене стварности	110
Табела 9.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Приказивање рељефа на карџи</i> за млађе узрасте	117
Табела 10.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Приказивање рељефа на карџи</i> за старије узрасте	124
Табела 11.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Појречни ѡрофил рељефа</i> за млађе узрасте	128
Табела 12.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Појречни ѡрофил рељефа</i> за старије узрасте	132
Табела 13.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Ријечни слив</i> за млађе узрасте	139
Табела 14.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Ријечни слив</i> за старије узрасте	139
Табела 15.	Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја <i>Климајске ѡромјене и дизање нивоа свјејшкої мора</i>	144

Увод

Пјешчани модел проширене стварности – од игре до науке

Једна од најзначајнијих књига о проширеној стварности (augmented reality) која се појавила посљедњих година за поднаслов има неку врсту пророчанске објаве. Џон Педи (Peddie, 2017) својом тврдњом да је проширена стварност феномен „у којем ћемо сви живјети” заправо не пророкује, него тврди оно што је и много прије било сасвим извјесно људима који су пратили развој како виртуелне, тако и проширене стварности. Ову извјесност потврђују и прогнозе да ће тржиште везано за хардверске и софтверске компоненете проширене стварности у наредних три до четири године расти више од 10 пута, да би у 2025. достигло готово 200 милијарди америчких долара. Ако томе додамо да ће у 2025. години сваки други становник планете бити корисник неког облика проширене стварности, онда је Педијево пророчанство на дохват руке.

Шта је то што је тако привлачно у проширењу физикалне стварности?

Прије свега ради се о ефекту могли бисмо рећи, „онеобичавања” свакодневне перцепције физикалног окружења. Једне врсте „чуда” које се догађа пред нашим очима и на које мало ко остаје имун и равнодушан. Можда је тај ефекат који проширење стварности оставља на нас, понајбоље ухватио тзв. улични умјетник и, у „обичном” животу, водоинсталатер Zenka серијом скулптура VR Heads.

Намјерно остављајући изглед деформисаности скулптуре, њене техничке недовршености и сировости материјала, умјетник успијева да забиљежи непосредни израз радости, боље речено ужитка бивања у окружењу проширене и виртуелне стварности (слика 1).

Поред тога, проширење стварности развојем дигиталних технологија постаје све ефикасније и реалније, а могућности суперпозиције дигиталних објеката готово неограничене, поготову путем мобилних телефона и тзв. Web AR. Све то води ка огромном комуникационом потенцијалу који физикални свијет око нас задобија дигиталним проширењем. Уколико томе додамо да је за велики дио младе популације дигитална стварност постала, заправо, доминантни облик окружења, онда су закључци које је на почетку извукао Џон Педи и више него логични.



Слика 1. VR Heads.

Извор: <https://www.zenka.org/#/timeline-vr-heads/>

Логиком профита, у развоју система за проширење стварности највеће помаке биљеже тзв. индустрија забаве и маркетинг, међутим њихова примјена у индустрији, медицини и нарочито образовању добија све више на значају.

Тема ове књиге јесте пјешчани модел проширене стварности који у себи задржава древни аспект играња и прављења пјешчаних облика, надграђујући га „онеобичавајућим” дидактичким елементима, чији је првенствено мотивациони, а потом и когнитивни потенцијал заиста изванредан.

Пјешчаник, односно дрвени оквир напуњен пијеском, одувijek је првенствено био мјесто играња. Међутим, ако погледамо понашање дјетета која се играју у пијеску, закључићемо да је то јако озбиљна ствар. Није случајно да је генеза пјешчаног модела проширене стварности прешла развојне фазе од концепта проширења у игри *Mimicry* до потпуно развијеног дидактичког и научно-истраживачког средства у окружењу проширене стварности. Позив на играње стоји у првом плану пјешчаног модела, са или без проширења стварног. Прихватањем тог позива ученик бива увучен у унутрашњост игре у којој важе одређена правила. Нашом интервенцијом у игру, инструкцијом и постављањем одређених задатака, димензија игре бива надограђена у процес усмјереног учења. Ученик истовремено бива ослобођен притиска које устаљени ток учења и поучавања доноси. Он осјећа слободу да се креће, да учествује, да формира облике, да гледа чудесну трансформацију коју дигитално преклапање доноси облику који је направио, да види симболичку надоградњу природног облика путем изохипсе,

боја, ефекта кише, поплаве и суше, чак и тока лаве. На овај начин, ученик се максимално приближава ономе што се зове научни приступ. У симболичкој надоградњи природног, свакодневног, једноставног и врло промјењивог облика, он доживљава сву „неприродност” научног мишљења и исказивања, мјерења и одређивања, пројектовања и рачунања, као исто тако природну али потпуно људски специфичину и нужну дјелатност. Ово је, могли бисмо рећи, највећа вриједност пјешчаног модела као мјеста сусрета природног и симболичког у функцији организације људске егзистенције на основама принципа мишљења, односно рефлексивног става. И све то се дешава непосредно, у једном захвату предочено, уз могућност понављања, промјене, заустављања, дијалога и интерпретације. Начин на који се тај рефлексивни став догађа приликом примјене пјешчаног модела проширене стварности везан је превасходно за просторно мишљење као особеност геонаука, али не само њих.

С друге стране, пјешчани модел ученике уводи у једну димензију која ће неизбежно обиљежити њихове животе а то је аугментација стварности. Сусрет са практичним начинима примјене технологије, сензибилизација ученика на нова окружења, техничке апарате и процесе, нове начине исказивања и креирања као што је то компјутерско програмирање, утицаће свакако и на формирање једне битне образовно-етичке компоненте код ученика, а то је технолошки оптимизам. Пјешчани модел проширене стварности, својом основном концепцијом и димензијама, намјеном и структуром, омогућава, боље речено тражи сарадњу и тимски рад, ублажавајући на тај начин дубљу осаму и инвидуализам које компјутерски посредована комуникација може, као таква, да проузрокује.

Ради свега набројаног проширеној стварности а у оквиру тога и пјешчаном моделу, који је тема ове књиге, треба прићи отворено и са ентузијазмом, а првенствено са добром методичком и психолошком припремом. Јер без тога, као и у ери аналогног и дигиталног свијета прије нових форми стварности, и ово наставно средство брзо ће изгубити своју сврху и занимљивост, те постати једна врста забавне маске преко наставничке некомпетенције и инертности. Због тога је у овој књизи настојано изаћи иза те фасцинације технологијом проширене стварности, те пружити и неку врсту нацрта или скице плана рада на основу којег би се пјешчани модел проширене стварности искористио у својим едукативним могућностима које, потребно је напоменути, нису до краја ни истражене. Приликом израде ових наставних припрема, циљ нам је био да наставник кроз различите фазе и поступке доведе ученике до тзв. концептуалне промјене, односно разумијевања принципа као највишег облика учења. Фокус концептуалног учења био је првенствено на развоју способности просторног мишљења у оквиру геонаука, а посебно картографије, односно разумијевања топографских принципа преноса рељефности на раван.

Међутим, овај дио књиге, иако посебно издвојен, није могућ без осталих цјелина које су обрађене у њој. Па се тако књига састоји још и од приказа различитих приступа дефиниције феномена проширене стварности, њеног историјског увода, различитих начина употребе проширене стварности у раду и образовању.

Обзиром да је изградња и покретање пјешчаног модела проширене стварности релативно једноставан и не толико скуп процес, у књизи смо дали и практичне савјете и упуте о потребним елементима за изградњу, склапање и подешавање пјешчаног модела. Такође дата су и упутства за инсталацију софтвера и покретање у рад, те различити интернет извори и линкови на којима се може потражити помоћ приликом тог процеса.

Овом књигом се, на један симболичан начин, биљежи десет година од појаве првог пјешчаног модела проширене стварности. Аутори се надају да ће друга декада његове егзистенције донијети и његово ширење на нашим просторима, нарочито у школама и факултетима, али исто тако у оквиру природњачких музеја, те различитих начина промоције науке и заштите животне средине.

Дефиниција и основне карактеристике проширене стварности

Будућност већине професија везана је за промјене које се са једне стране дешавају у начинима на који припадници неког друштва искушавају свијет и, с друге стране, промјенама које се догађају у начинима на који се тај свијет, односно стварност, као таква, конституише. И једно и друго лице ових промјена показује се првенствено кроз нове форме стварности које се развијају пред нашим очима. Питања о природи стварности, односно онтолошка питања, броје много више од двије хиљаде година и ми их овдје нећемо отворати. Довољно је да, заједно са Аристотелом (1987) констатујемо њене темељне двије карактеристике – оствареност/дјелотворност и могућност. Ова прва служи као нека врста базе, основе са које ће бити могуће кренути путем могућности, односно путем појаве нове форме стварности. Сасвим је јасно да се оваква онтологија стварности манифестује и различитим свакодневним аспектима живота. Нпр. у дидактичкој ситуацији она је аналогна процесу у којем наставник спаја постојећу стварност, односно епистемолошку базу ученика, и открива му у чину учења ново значење, један нови свијет и једну нову стварност. У домену привреде она се манифестује кроз различите модусе дигиталне надоградње у виду радионичких цртежа, анимација, уређаја за вјежбање и инструкције, различитих видова сервисирања и одржавања на даљину итд. У димензији здравства, нова форма стварности омогућава оперативне захвате и прегледе на даљину.

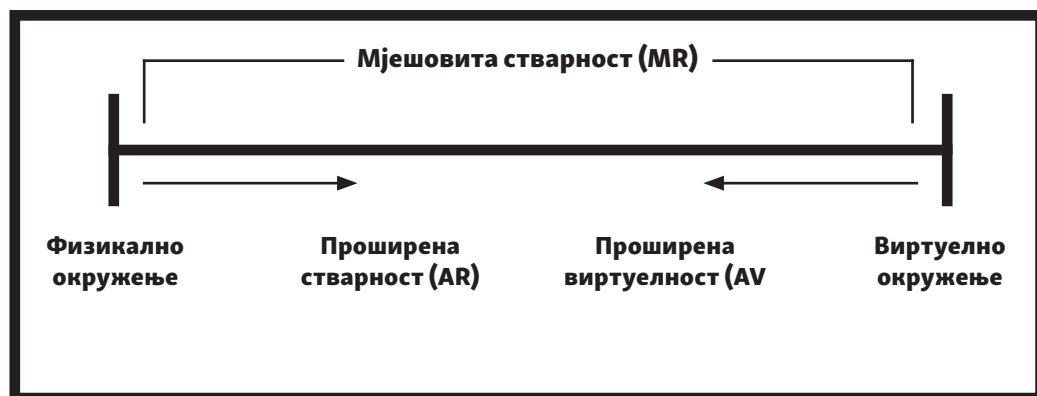
Та нова стварност, односно ново искуство, јесте нова стварност свијести

уопште како то излаже Хегел у Феноменологији духа (1974). Уласком у еру дигиталног проширења стварности и људска свијест неће остати иста. Наведени процес, легитимно је тврдити, постаће суштина формирања искуства, односно његове медијације у будућности. У процесу образовања, ова медијаторна улога проширене стварности омогућиће изузетно ефикасне начине креирања искуства учења. Разред будућности постаје мјесто у којој се мијешају, додирују и преплићу физикална и виртуелна стварност креирајући, тврдимо, онај облик стварности који је најподеснији самој природи образовног искуства – проширену стварност (Трифуновић и Петрашевић, 2021б)

Очигледно је да термин „проширена стварност”, ма како он био дефинисан мора бити разумијеван са два темељна хоризонта. С једне стране, потребно га је довести у везу са тзв. физикаланом стварношћу као таквом и анализирати у чему се састоји то проширење, а с друге, то је проширење нужно разграничити од феномена виртуелитета као таквог.

Свака стварност, па дакле и проширена, првенствено је доступна преко искуства. Стварност се увијек на одређени начин искушава, без обзира о којим чулима се ради и које су когнитивне или емотивне функције присутне. Природа како самих предмета искуства, тако и његовог окружења може бити различита. Они могу бити дати непосредно, али такође, њихово присуство може бити испосредовано или чак и креирано одређеним технологијама. Међутим, учешће човјека, односно његова комуникација са окружењем нужни је предуслов сваког процеса учења и стицања искуства. Само дјелујући човјек учи а његово дјеловање није, опет, могуће уколико се не одвија „у” одређеном окружењу, мјесту, односно простору. Ово окружење (стварност) може пружати мање или веће могућности за учење. Стварност, другим ријечима, може имати мањи или већи комуникациони потенцијал за стицање искуства. На слици бр. 2 приказан је континуум различитих форми стварности на чијим лимесима стоје физикална стварност, као релативно некомуникативна материјална датост, и виртуелно окружење, као дигитално креирана, интерактивна, динамична и флексибилна форма.

Проширење стварности, заправо је проширење комуникационог потенцијала којег посједује физикална стварност. На тај начин проширење стварности има улогу медијације између физикалног и виртуелног окружења у коме се одвија одређена дјелатност. Проширење стварности увијек је ради неке сврхе, односно ради неког дјеловања. Степен медијације може бити мањи или већи обзиром на дигиталне садржаје који се инсталирају у окружење. Због тога се проширена стварност не може посматрати само са технолошког аспекта, него првенствено као медиј. Посебност проширене стварности је у томе што је она интерактивна, њено окружење није само за посматрање, него за дјеловање.



Слика 2. Континуум физикална стварност – виртуелност према Milgram & Kishino (како је наведено у Трифуновић и Петрашевић, 2021б)

Крејг (Craig, 2013) дефинише искуство проширене стварности на следећи начин – она је таква да се путем дигиталне информације обична стварност односно искуство и активност учесника „проширује” на начин који не би био могућ нити доступан у обичној физикалној реалности.

Да би илустровао своје виђење проширене стварности која дакле представља неку врсту комбинације дигиталног и физикалног Крејг даје пример из архитектуре. Проширена стварност нам омогућава да осјетимо како би изгледала и функционисала кућа коју бисмо хтјели саградити, тако што проширује, односно додаје дигитални елемент реалности (виртуелну кућу) али на физикалну реалност (дакле на жељено мјесто, односно у конкретни простор). Такође, дигитално проширење омогућава различите манипулације дигиталним објектом које нису могуће у оквиру физикалне реалности (промјене боја, форме, распореда...)

Проширена стварност, на тај начин, омогућава да искуство и дјеловање, односно интеракција човјека и окружења буде далеко једноставнија, ефикаснија и, оно што је посебно битно у савременом свијету, далеко бржа, него што би то уобичајено искуство и дјеловање могло бити. За промјену боје зидова куће коју желимо саградити, потребно је само унијети неколико знакова на тастатури или чак само изговорити ријеч. Из свега овог могуће је извући основне особине проширене стварности које у суштини и чини њену дефиницију (Azuma, 1997; Craig, 2013):

- а) Физикална стварност је проширена путем дигиталне информације која је суперпозирана, (пошављена односно „набачена”) преко физикалне стварности.

Циљ овог поступка јесте да се одређени сегмент физикалне стварности истакне, увећа (прошири). Према томе, инсталирањем одређене дигиталне информације физикална стварност не бива у потпуности

„замијењена” као што је то случај у оквиру виртуелне стварности у којој је поље догађања у потпуности дигитално креирано.

Дигитална информација којом се „преклапа” и проширује физикална стварност може бити копија већ неких постојећих објеката или процеса, а може бити и чисто синтетизована, односно бити неки вид компјутерске симулације. Форма такве информације није ограничена само на визуелност, него може бити исто тако и чулна, тактилна, слушна, мирисна... Она такође, може бити или статична (нпр. дигитализована слика која је инсталирана односно пројектована на одређену локацију) а може бити и динамична. У другом случају долази до интеракције између дигиталне информације и физикалне реалности, тако што дигитална информација реагује на промјене у физикалној стварности. То се догађа на начин да се промјене у физикалној реалности региструју путем сензора, пребацују у дигитални облик и прилагођавају путем постојећег алгоритма, те тако измијењене, поново постављају, односно инсталирају у жељено физикално окружење (Azuma, 1997).

- б) *Дигитална информација постављена је тако да је у складу, односно да је реинсталирована са физикалном стварношћу.*

Да би проширена стварност функционисала у оба наведена модуса, а посебно у динамично-интерактивном облику, потребно је испунити услов да дигитална информација буде адекватно просторно и временски регистрована, односно да буде прецизно просторно-временски усклађена са локацијом у коју се имплементира. (Zheng, 2015).

Просторна реинсталација подразумева тачност геометријских процеса укључујући неопходну калибрацију система, праћење промјене тачке посматрања и моделовање. Виртуелни објекти, односно дигитална информација се мора појављивати у тачно одређеној локацији и са правилним преклапањем виртуелног и физикалног. У супротном, према Женгу (2015) корисник неће моћи уочавати адекватне просторне релације и интеракцију ова два поља стварности.

Временска реинсталација

Наравно, код динамичних садржаја просторна регистрација није довољна. Уколико се или објект или корисник креће, потребно је постићи адекватну синхронизацију покрета између дигиталног објекта односно дигиталне информације и физикалне стварности. У оквиру динамичне интеракције ова два вида стварности дигиталне информације морају бити константно обнављање и приказиване у временској координацији са промјенама које се догађају у оквиру физикалног поља. Уколико ова синхронизација није добро изведена онда долази до закашњелог обнављања дигиталних информација, прекидања

уобичајеног темпоралног тока и немогућности праћења интеракције између виртуелног и физикалног објекта.

в) *Искусство проширене стварности је интерактивно.*

Интерактивност у овом случају подразумијева двосмјерни процес у којем се детектују промјене у физикалној стварности на које реагује дигитално проширење. Постављањем мреже сензора у физикално окружење, поље проширене стварности је у могућности да детектује те промјене и да реагује на њих мијењајући одређене параметре сходно уоченим промјенама. Посматрач може осјећати информацију, али је и мијењати по жељи. Степен интерактивности креће се од једноставних промјена перспективе физикалне локације, па све до различитих нивоа манипулације и креирања нових информација.

На крају сумирајући анализиране сегменте феномена проширене стварности Крејг (стр. 20) даје дефиницију проширене стварности за коју сматрамо да је најкомплетнија: „Проширена стварност представља медијум у којем се дигиталне информације преклапају са физичким свијетом са којим су у просторној и временској координацији, што им обезбјеђује интерактивност у реалном времену.”

Историјски развој система проширене стварности

Иако, на први поглед, не изгледа тако, проширена стварност је присутна међу нама већ више од пола вијека. Њену генезу и историјски развој могуће је пратити преко најважнијих етапа, односно путем најважнијих технолошко-техничких искорака који су обиљежили и усмјерили њен даљи развој. У литератури која обрађује тему проширене стварности и историјским прегледима овог феномена (Arth et al., 2015; Craig, 2016; Peddie, 2017) као заснивајући догађај, односно пројект узима се углавном апаратура коју је направио Иван Садерленд (Sutherland, 1968). Садерлендов тродимезионални систем направљен уз помоћ његовог тима са Харварда, представља истовремено и зачетак технологије виртуелне стварности. Сама апаратура се састоји (види слику бр. 3) од оптичког уређаја, односно видео визира (head mounted display) и неколико механичких и ултразвучних сензора за праћење покрета. Тродимензионални визир је, због тежине, морао бити монтиран на носаче. Основна идеја, према Садерлендовом свједочењу, преузета је од компаније за производњу хеликоптера Бел чији инжењери су настојали да олакшају пилотима управљање по ноћи. Они су монтирали инфрацрвене камере на шасију хеликоптера и повезали их са визирима на кациги пилота. Тим са Харварда је умјесто камера монтирао компјутер и на тај начин омогућио



Слика 3. Изглед првог уређаја за проширену стварност Ивана Садерленда

Извор: Крејџ, 2013.

„креирање” стварности програмирањем самог компјутера. Обзиром на, за данашње вријеме, изузено малу моћ тадашњих компјутерских процесора, овај пионирски систем проширене стварности није могао креирати објекте у својој пунини, него само линије и контуре.

Историјски значај овог система је био у томе да је суштинска идеја на којој почива област проширене (и виртуелне) стварности – тродимензионални визир, сензори покрета и компјутерски генерисана слика дошла до свог остварења. Ново поље реалитета и огромне могућности његове примјене тиме је широко отворено, а питање брзине процесора и квалитета креираних дигиталних објеката било је само питање времена.

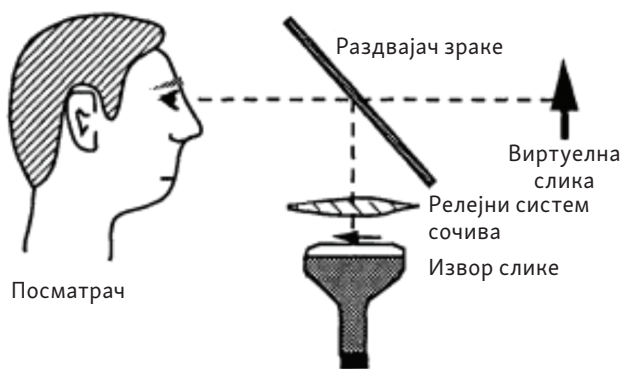
У међувремену су се, наравно, и догодили технолошки пробоји који су омогућили да се Садерлендова основна поставка даље развија. Већ 1972. године појављује се први концепт, односно скица таблет компјутера Алана Кеја назван Дајнабук (Dynabook), а у априлу сљедеће године Моторола представља и први мобилни телефон. Десет година касније од Кејове визије таблета, појављује се први лап топ компјутер The Grid Compass 1100 са 350 Kb меморије и екраном резолуције 320x240 пиксела.

Иако веома битни, сви ови догађаји су били доста хетерогени и нису били предмет једне заједничке визије која би дала праве импULSE развоју

проширене стварности. Технолошки посматрано, мозаик доступних уређаја се слагао постепено, али је недостајала нека врста теоријске синтезе идеје проширене стварности која би првенствено научној а онда и широј јавности обзнанила њене могућности и даље правце развоја. Као прво требало је све те технолошке форме, довести под заједнички означитељ и тако их учинити посебним пољем и повезати са практичним областима људског живота и рада што би омогућило и његово формално препознавање, проучавање и развој. У томе лежи велики значај рада Кодела и Мицела (1992) (Tom Caudell and David Mizell) под називом *Проширена стварност: Примјена технологије прозирног екрана монитраног на главу на процес мануелне производње*. (Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes). Кључни дијелови њиховог рада су како симболички, тако и практични. Симболички значај се односи на то да они први употребљавају синтагму „проширена стварност” дајући му једноставно и прецизно одређење. Кодел и Мицел (1992, стр. 660) сматрају да је ова нова технологија револуционарна, јер омогућава да се перцептивно поље „прошири” (Augmentation) са информацијама које су неопходне кориснику да би извршио одређени задатак, па је стога и називају проширеном стварношћу (Augmented Reality). С друге стране, додатна вриједност овог рада јесте у томе што они при том скицирају и свакодневну употребну вриједност проширене стварности уопште, што ће послужити као модел за будуће сличне системе.

Из њиховог апстракта, којег цитирамо испод, сасвим је јасно да су правилно разумјели значај ове нове форме стварности: „У комбинацији са сензором положаја главе и системом за регистрацију у физикалном окружењу, ова технологија омогућава да се компјутерски продукovan дијаграм пројектује и стабилизује на тачно одређеној позицији на физикалном објекту...што ће омогућити смањење трошкова и побољшање ефикасности у многим људским дјелатностима...” (стр. 653).

Технолошким развојем, побољшањем перформанси рачунара и прогресивним смањењем њихових димензија и тежине, системи за креирање и манипулацију проширене стварности, корак по корак, постају све

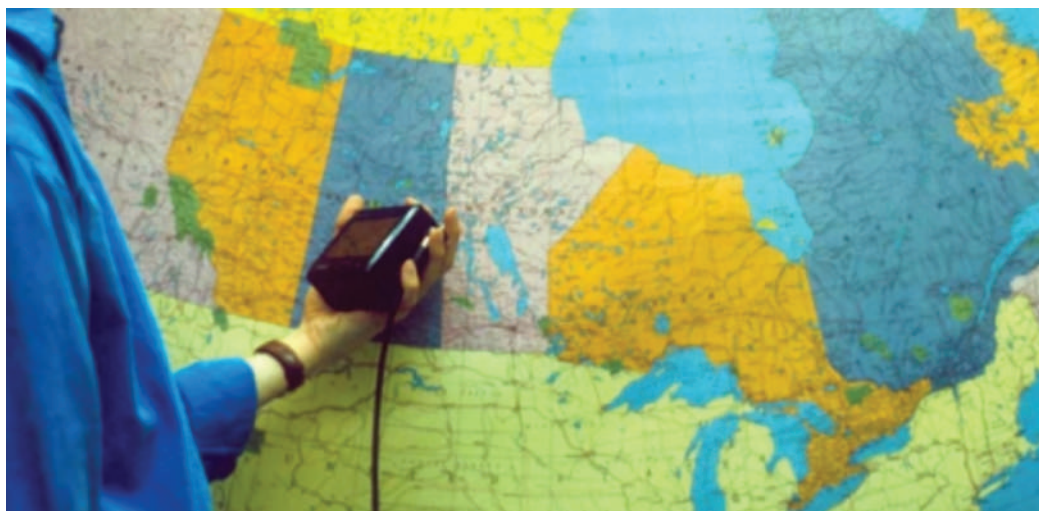


Слика 4. Основне компоненте прозирног екрана монитраног на главу (HUD) укључујући извор слике, релејни систем сочива и раздвајач зраке.

Извор: Адаптирано према Caudell & Mizell, 1992.

једноставнији али и мобилнији. То је довело до фундаменталне промјене у самом концепту кориштења компјутера али и виђења просторности која, од статичне категорије и ограничавајућег фактора постаје све више динамички креирано окружење, односно информациони медиј. То је било и логично обзиром да проширена стварност као таква, између осталог, омогућава позиционирње дигиталног објекта било гдје у простору а самим тим престаје и нужност постојања неког непокретног централног компјутерског система. Умјесто тога цијели процес се контекстуализује, односно догађа у одговарајућој ситуацији тј. простору. Један од првих визионарских радова на ту тему јесте чланак Џорџа Фицмориса (Georg W. Fitzmaurice, 1993) *Ситуациони информациони простори и просторносвјесни палмтоп компјутери* (*Situated information spaces and spatially aware palmtop computers*) и његов систем Камелеон. Напомињући да је главни циљ ових система креирање тродимензионалних информационих простора који би ситуирали информацију у адекватан физикални контекст. На тај начин би се, сматрао је Фицморис, постигло боље разумијевање организације самог простора и поједноставило просторно кретање и оријентација (1993, стр. 42). Ова визија заснована је на концепцији свеprisутне компјутеризације (Ubiquitous Computing) коју треба да омогуће палмтоп компјутери. Помоћу портабл компјутера просторно ситуирање информације, њена модификација и прилагођавање околностима, постају могући у тзв. реалном времену, а да би се то постигло они требају бити тзв. просторно свјесни. Другим ријечима, Фицморис сматра да компјутери и екрани које користе требају не само имати способност адекватног визуелног представљања просторног окружења него и „разумјевати“ то окружење. У сврху истраживања концепције свеprisутне компјутеризације и просторне свјесности палмтоп компјутера у то вријеме је на Универзитету у Торонту Фицморис са сарадницима развијао систем Камелеон у којем су интегрисани тродимензионални улазни контролер и екран. На тај начин палмтоп компјутер може да дјелује као нека врста информатичког сочива у близини физичких предмета. То практично значи да је компјутер „свјестан“ властитог положаја (помоћу 3D контролних скенера) и може да пројектује жељени садржај (излазни екран) кад се нађе на одређеној локацији (стр. 45). Историјски значај Фицморисовог Камелеона је тај што је овом интеграцијом, у ствари, омогућено функционисање свих апликација проширене стварности које нпр. данас имамо на мобилним телефонима. Рудиментарни облик такве апликације, која се данас у много развијенијем облику може наћи у оквиру тзв. паметних географских уџбеника јесте примјена Камелеона уз географску карту (слика 5).

У зависности од положаја палмтоп компјутера (позиције над представљеном површином Земље и удаљености од саме карте) на његовом екрану се појављују различите информације о „нациљаном“ простору. Камелеон је имао опције избора величине приказиваног географског простора – регионални



Слика 5. Камелеон

Извор: Агајџирано према G. W. Fitzmaurice, 1993

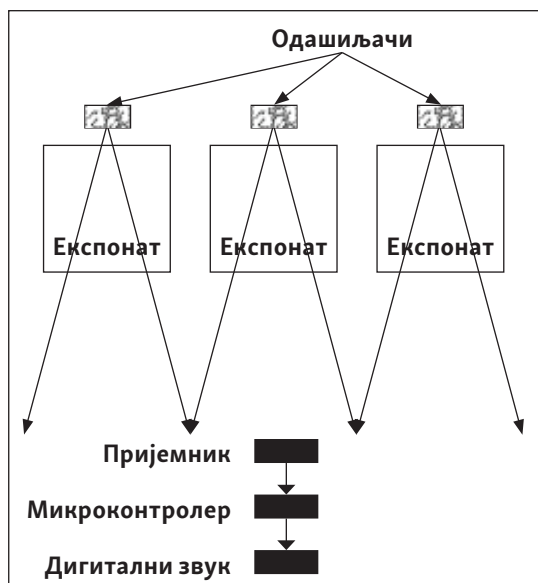
или државни ниво, те приказ различитих физичко-географских и друштвено-географских садржаја (1993, стр. 47).

Сасвим је јасно да је у зачецима развоја проширене стварности приоритет био на страни визуелне аугментације стварности. Међутим, није се дуго чекало да се појаве и прве апликације помоћу којих би се преко постојеће физикалне стварности додавао и одговарајући интерактивни звучни запис. Тадашњи истраживач у Бел комуникацијама, Бенџамин Бедерсон (1995) уводи двије године касније термин *аудио проширена стварност* за напредну верзију аутоматског туристичког водича у музејима.

Суштина овог приступа, који је узгред речено, данас свеprisутан свугдје гдје је потребна нека врста аудио водича, јесте да се звук суперпонира у складу са локацијом посјетиоца музеја. Бедерсон (1995) предлаже ову технику за употребу као аутоматизовани туристички водич у музејима и истичући, с правом, да ће овај систем побољшати аспекте социјалне интеракције посјета у поређењу са снимљеним водичима.

Прототип се састојао од неколико уређаја (слика 6) које посјетилац музеја носи са собом (дигитални извор звука, микропроцесор и прилагођени инфрацрвени пријемник који рачунару говори гдје се гледалац налази). Изнад артефаката, на стропу музеја, налази се инфрацрвени предајник који преноси јединствени идентификациони број који рачунар користи за идентификацију локације посјетиоца. Док се посјетилац креће, рачунар једноставно контролише извор звука да би репродуковао или зауставио репродукцију унапријед снимљених описа појединих експоната.

Тим са универзитета Колумбија (САД) отишао је 1997. године корак даље у правцу који је започео Бедерсон, користећи постигнуте технолошке



Слика 6. Шематски приказ Бедерсеновог уређаја за аудио водича у окружењу проширене стварности
Извор: Адаптирано према Бедерсон 1995, стр. 211.

иновације развоја тродимензионалних дисплеја, сензора покрета, управљачких склопова, уређаја за интеракцију с једне и мобилних портабл компјутера, с друге стране. Стивен Фајнер и сарадници (Feiner et al., 1997) направили су први покретни систем проширене стварности (MARS – Mobile Augmented Reality System). Прототип овог уређаја дизајниран је да корисницима помаже



Слика 7. Изглед визира са камером и слушалицама и слушалицама MARS



Слика 8. Мобилни систем проширене стварности

приликом кретања и сналажења на отвореном простору, прецизније у оквиру кампуса Универзитета Колумбија. Корисник је нпр. између осталог могао на менију да одабере опцију „департмани” Универзитета или неки други објект и на његовом тродимензионалном визиру би се на зградама кампуса појавили натписи појединих департмана. Опрема овог првог „машинског водича” (tourin machine) како су је назвали кретори, била је ипак прилично гломазна и тешка. Рачунар се морао, нпр. носити у ранцу, док је тродимензионални визир био прикључен путем великог броја конекција и каблова (слика 8).

Основне хардверске и софтверске компоненте система за проширење стварности

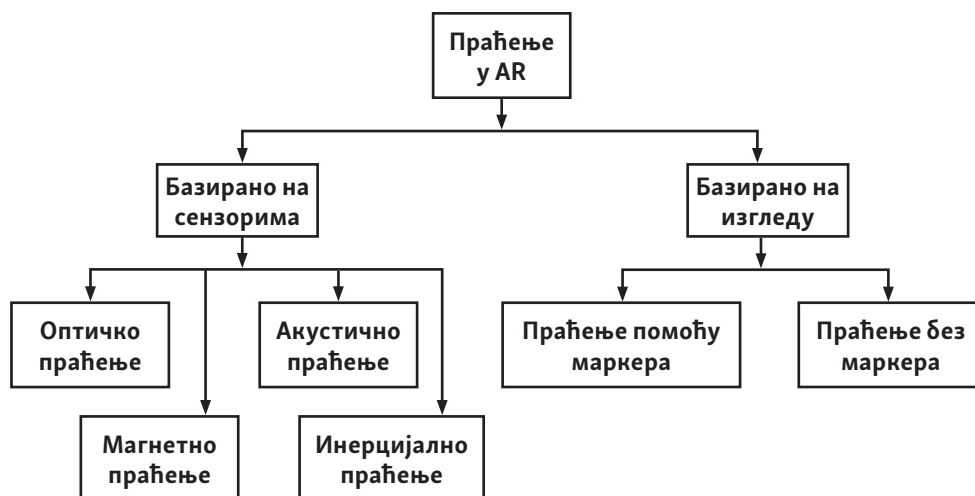
Хардвер

Уређаји који креирају неке од многобројних форми проширења стварности нужно садрже основне три хардверске компоненте – уређаје за детектовање и пријем потребних информација из окружења, уређаје за обраду тих података, њихово усклађивање, односно калибрацију и извршење програма дигиталног садржаја и уређаје којима се дигитализовани садржај приказује. Ове три компоненте укратко можемо назавти сензори, процесори и екрани (уз екране могу долазити и уређаји за пројекцију).

Сензори

Сензори, односно нека врста „чулних органа” уређаја, служе да се добију жељени подаци о тзв. спољњем свијету, односно физикалном окружењу уређаја. То су обично подаци о стању и промјенама одређених компоненти физикалног окружења који су потребни за рад система. Сензори могу осим локације објеката у окружењу, његовог кретања, освјетљења итд., наравно пратити, локацију, положај тијела, кретање и друге потребне параметре самог корисника. Једним именом главна функција сензора је детектовање и праћење одређеног објекта или стања (tracking).

Највећи број уређаја односно апликација у окружењу проширене стварности користи оптичке сензоре за праћење, од којих је камера свакако најзначајнији. Ова чињеница произлази из доступности камера (посебно на мобилним телефонима), њихове компактности и одличних перформанси сасвим довољних за потребе већине апликација за проширење стварности. Главни проблем овог типа сензора јесте да је за њихово функционисање, наравно, потребно адекватно освјетљење што често није случај. Пошто

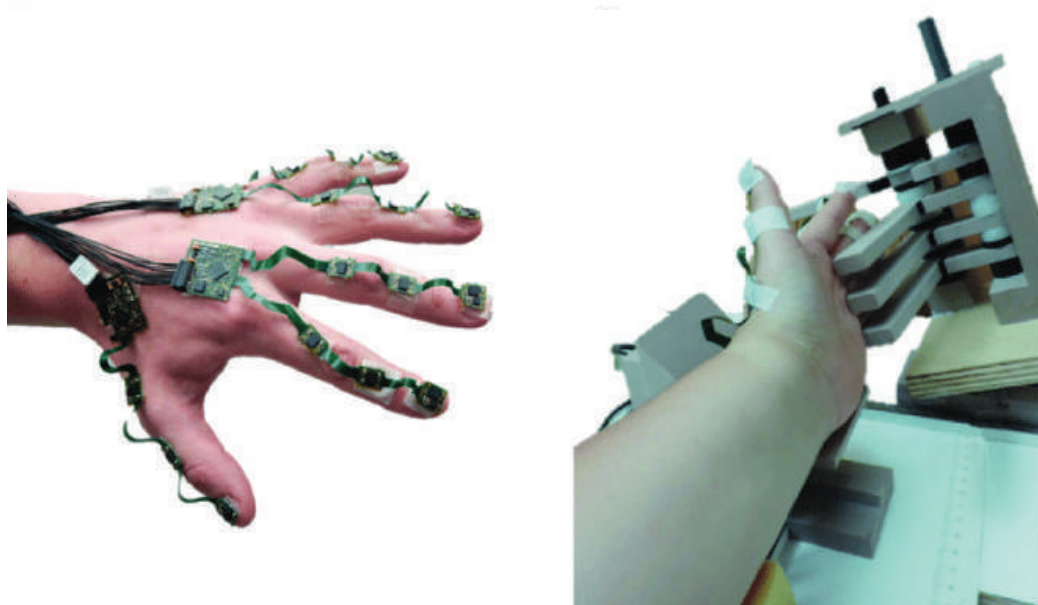


Слика 9. Врсте уређаја за праћење у оквиру проширене стварности
 Извор: Адаптирано према Ashwin et al., 2020

је окружење проширене стварности, заправо, тродимензионално, за праћење није довољна само једна камера, тако да већина уређаја ради могућности тродимензионалног ротирања и позиционирања дигиталних садржаја има двије или више камера. То, опет, захтијева и сложеније операције калибрације, тј. обраде добијених података. Један такав модел јесте и пјешчани модел проширене стварности (AR Sandbox) који користи кинект –уређај који је првенствено био намијењен за играње видео игара и који помоћу својих сензора и двије камере (обичне RGB и инфрацрвене) даје утисак тродимензионалног учествовања играча у околини.

Акустично праћење

Најприсутнији начин добијања података потребних за рад уређаја проширене стварности акустичним путем јесте микрофон, односно емитер ултразвука. Објект чија се локација и кретање настоји пратити емитује ултразвук који се региструје микрофонима и на основу познате брзине звука и интервала протеклог између времена емитовања и регистрације добијају се потребни подаци. Један од познатијих аудио тракера у области технологије проширене стварности јесте CAT – виско прецизни акустични тракер (high-precision Acoustic Tracker) (Wenguang et al., 2016). Уколико се прати више објеката, онда је потребно да сваки од објеката емитује звук различите фреквенције ради њиховог разликовања. Крејг (2013) наводи да су предности акустичног начина праћења то што, (за разлику од оптичког) не зависе од освјетљења, па дакле могу функционисати и у мраку. Главна



Слика 10. Електромагнетски сензори за праћење покрета прстију на уређају Power Glowe
Извор: Noort et al., 2016.

мањкавост овог система јесте ограничена могућност коришћења у бучним срединама (стр. 76).

Електромагнетно праћење

Електромагнетско праћење засновано је на мјерењу јачине магнетног поља на одређеној локацији. Ово магнетно поље (заправо три ортогонална поља емитована путем три антене) на фиксној локацији генерише генератор поља, односно предајник. Сензори, пријемници, се такође састоје се од три ортогоналне антене у којима се, под утицајем емитованог магнетног поља, индукује напон, односно добија се одређени сигнал. Тај сигнал се потом анализира и на основу његових карактеристика добијају информације о положају и кретању праћеног објекта (Preim and Botha, 2013). Такви уређаји обезбјеђују тзв. шест степени/оса слободе (6DoF). Другим ријечима, могу да прате сигнал тијела које мијења положај као напријед/назад (X-оса), лијево/десно (Y-оса) и горе/доле (Z-оса), уз комбинације промјене ротације око наведене три осе.

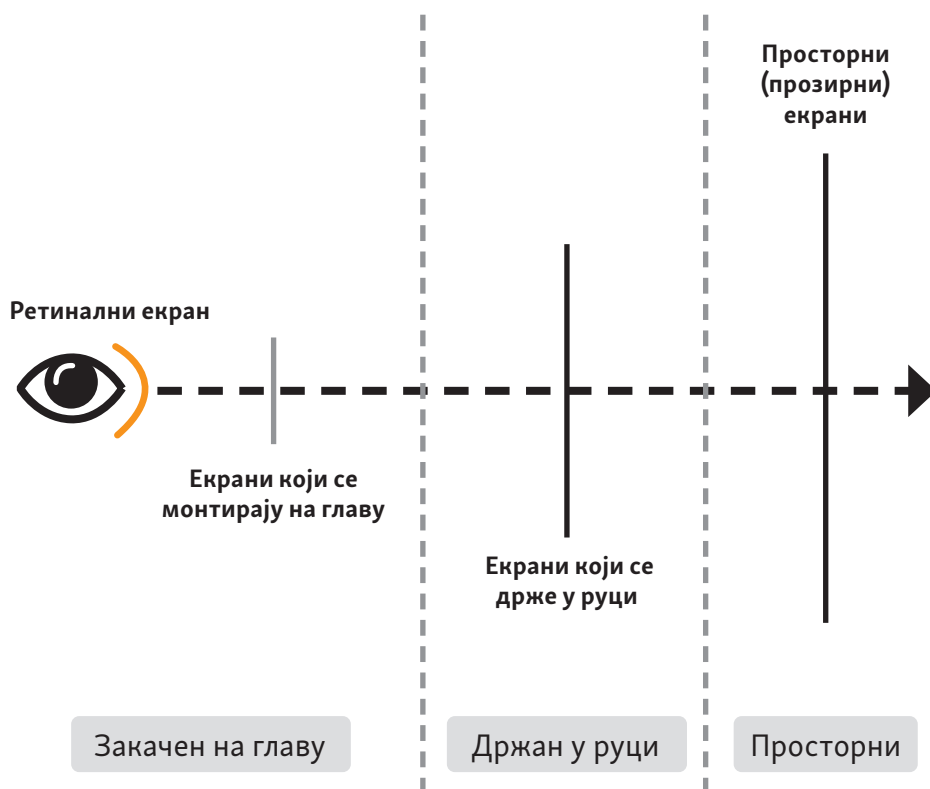
Према Крејгу (2013) предности овог начина праћења објеката јесу првенствено њихова прецизност и аутономија од услова везаних за свјетлост и буку. Главни недостаци електромагнетног праћења представљају осјетљивост на метал у окружењу у којем се налазе, ограниченост у домету (пријемници морају бити унутар неколико метара од најближег предајника) и релативна висока цијена у односу на оптичке сензоре.

Екрани

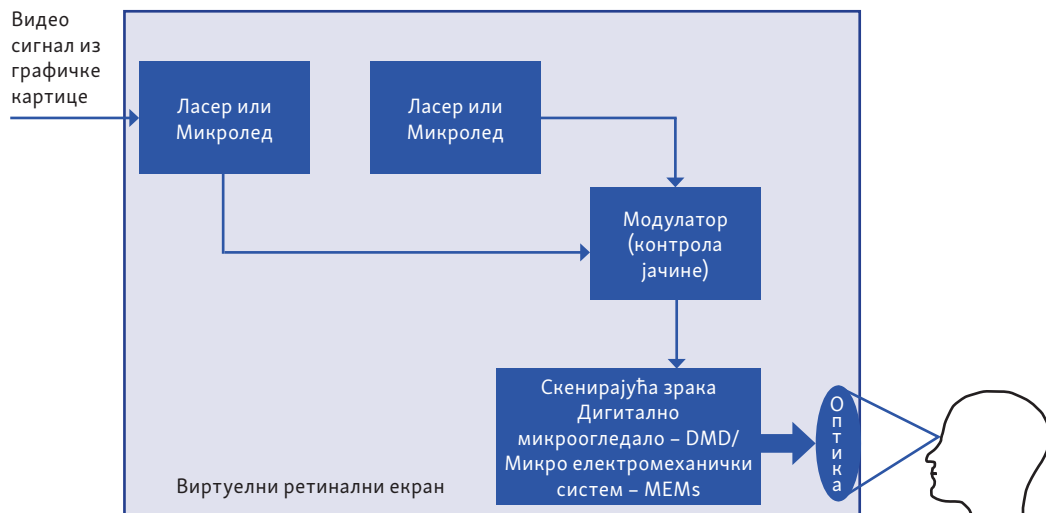
Квалитет кориштења апликација проширене стварности у многоме зависи од врсте и квалитета приказа на различитим видовима екрана. Како смо већ видјели у дијелу, који се бавио историјским развојем уређаја и примјене проширене стварности, појава мањих, компактнијих екрана високе резолуције, посебно на мобилним уређајима омогућила је бржи развој и широку употребу ове технологије.

Карактеристике екрана за приказ садржаја у окружење проширене стварности зависе од њихове примарне функције на основу које се врши позиционирање екрана према тијелу корисника. Другим рјечима, различите врсте екрана се налазе на већој или мањој удаљености од очију корисника, што је и основа њихове подјеле. Као што је приказано на слици 11 могуће је издвојити три велике групе екрана у области проширене стварности – Екрани који се монтирају на главу (head-mounted displays – HMDs); Екрани који се држе у руци (Handheld); Просторни (прозирни) екран (Spatial).

Мобилност система проширене стварности, заправо, зависи од мобилности и димензија самог екрана. Системи који користе екране који се „каче“



Слика 11. Различите врсте екрана у оквиру проширене стварности
Извор: Yadav, 2018.



Слика 12. Шема функционисања ретиналног екрана

Извор: Адаптирано према (Крејџ, 2013)

на главу имају и највећи степен комформне мобилности, јер остављају пуну слободу кретања тијела. Ови екрани долазе у различитим формама наочара, визира, кацига и слично.

Екрани за проширену стварност монтирани на главу разликују се од екрана за системе виртуелне стварности по томе што у системима виртуелне стварности учесник не види физикално окружење. Заправо, системи виртуелне стварности зависе од тога да корисник не види (бар на ометајући начин) „стварни” свијет. У проширеној стварности, пак, пресудно је да корисник може да види физикално окружење. Постоје два основна начина који екрани монтирани на глави у проширеној стварности омогућавају корисницима да види физикално окружење. Један користи оптичка средства, па се назива оптички провидни (optical see-through – OST). Други користи видео технологију и назива се видео провидни (video see-through VST) (Крејџ, 2013).

У релативно нове технологије спадају тзв. ретинални екрани и просторни екрани. Ретинални приказ пројектује слике директно на мрежњачи ока помоћу ласера. У овом случају, слике генерисане рачунаром и слика из физикалног окружења комбинују се на мрежњачи. Ова врста екрана, сматра Хиротакe (2010) представља многе предности у односу на застарјеле екране, попут екрана са течним кристалима (LCD).

Добијена слика може бити много свјетлија, па је екран могуће користити при јако освјетљеном окружењу.

Такође, предности су мања потрошња енергије и веома висока резолуција. Што се тиче тзв. просторних екрана, односно просторно-прозирних екрана, суштина је у томе да се садржај пројектује у слободни простор даље од корисника уз комбинацију са ретиналним екраном (Yadav, 2018). Корисник,



Слика 13. MojoLens, паметна сочива
Извор: MojoVision

дакле, не носи никакву додатну опрему али нема слободу кретања због тога што је екран фиксан. Ови екрани су, у принципу, доста већи од остала два типа и омогућавају прецизније позиционирање дигиталног садржаја и „природнији” доживљај окружења проширене стварности, пошто функционишу као једна врста прозора кроз који се садржаји посматрају.

Очигледно је да је технологија приказа дигитализованих садржаја на корак од тога да буде уграђивана у само тијело, односно око могућег корисника. За сада су развијени прототипови екрана који се, у облику сочива, носе у оку. Један од њих је и Мојо Ленс (слика 13). У ствари, ради се о тзв. паметним сочивима – екрану величине контактних сочива који се ставља у око и микрокомпјутера у облику наруквице на руци који служи за напајање екрана/сочива и за обраду података. Планови су да паметна сочива у будућности ипак буду повезана са мобилним телефонима умјесто ових наруквица. Уколико гледате право на сочивима не добијате никакав приказ, тек у колико поглед скренете ка лијево или десно укључује се жељени приказ у виду икона различитих апликација.

Доступне апликације се крећу од навигације, подсјетника, управљања телефоном, па све до апликације којом можете да „причате” само покретима очију. Наравно, ради се о апликацији за читање текста наглас, али са огромним бројем опција за свакодневну комуникацију, што може бити изузетно корисно за нијеме особе или особе са тешкоћама у говору. Мојо Ленс, да не би било забуне, јесу права сочива која имају напредне функције корекције вида као што су увећавање, изоштравање ивица предмета итд.

Основне софтверске компоненте система проширене стварности

На основу претходних редова могуће је закључити да софтверска база за дизајн и примјену апликација за проширење стварности мора имати

неколико различитих категорија. Оно што нам се одмах чини логично јесте да је су потребни софтверски алати за креирање дигиталних објеката који се онда пројектују на физикалну стварност. Такође, потребни су програми који усклађују дигитални садржај и физикално окружење, дакле програми који служе за функционисање различитог типа сензора и у складу с тим анимацију дигиталног приказа. Ову групу софтвера Крејг (2013) назива софтвером који је директно везан за апликацију за проширену стварност и према њему ова група укључује следеће софтверске компоненте који служе за:

- Додавање физикалног окружења (за рад сензора)
- Интеграцију сензора
- Програм апликације (engine)
- Софтвер за рендеровање (визуелно, аудио итд.)

Наведене компоненте често долазе скупа, односно интегрисане су у пакет који се назива развојни софтверски пакет за проширену стварност (AR Software Developer Kit – SDK). Ови пакети, дакле, садрже различите фајлове, програме, податке, кодове и слично који служе као база за даљи развој и програмирање. Програми у оквиру SDK су подијељени у модуле, нпр. модул за праћење (tracking), рендеровање и слично. Неки од њих, углавном једноставнији и са мање опција, су бесплатни тзв. open source, док су други, бољи и сложенији, комерцијални.

Овакав приступ, иако олакшава употребу посебно за мање напредне кориснике и почетнике у програмирању јер омогућава да се већ готова рјешења релативно лако модификују, ипак може бити ограничавајући фактор за развијање озбиљнијих и сложенијих апликација проширене стварности. Због тога се препоручује да се приликом избора потребног пакета води рачуна о потребама ваше апликације, циљној платформи за имплементацију, нивоу доступне подршке, развојној методологији и цијени доступних развојних програмерских пакета (Крејг 2013).

Неки од најраширенијих и најбољих AR SDK-а су, између осталих, *Vuforia* и *ARToolKit*.

Вуфориа је један од најпознатијих и најквалитетнијих програмских развојних пакета у области проширене стварности. Њен SDK садржи различите софтверске производе попут *Vuforia Engine*, *Studio*, и *Chalk*. Софтверски пакет за прављење апликација (Engine) за проширење стварности омогућава програмерима да на релативно једноставан начин могу у апликације додати тзв. компјутерску визију која омогућава препознавање слика и објеката, те интеракцију са физикалним окружењем (5 Top Augmented..., 2021). Опције

које нуди Вуфориа *Studio* намијењене су углавном за обуку и инструкције у 3D окружењу помоћу проширене стварности. Студио омогућава да се постојећи технички и радионички цртежи из CAD-а користе у оквиру проширене стварности, нудећи тако интуитивне моделе за склапање, инспекцију, сервис и обуку на различитим уређајима.

Вуфориа *Chalk* (креда) је производ за даљинску асистенцију, односно помоћ који користи проширену стварност како би запосленима, како ван локације, тако и на лицу мјеста омогућио заједничко управљање, одржавања и поправку на свим врстама производа. Овај програмски пакет идеалан је за различита индустријска постројења, а једноставно га је поставити и користити. *Chalk* комбинује напредне алате за сараднички рад у окружењу проширене стварности уз видео комуникацију у реалном времену. Техничари и стручњаци могу цртати и размијењивати дигиталне приказе који се онда суперпонирају на тродимензионални физикални објект, омогућавајући стручњаку да води техничара кроз процес корак по корак.

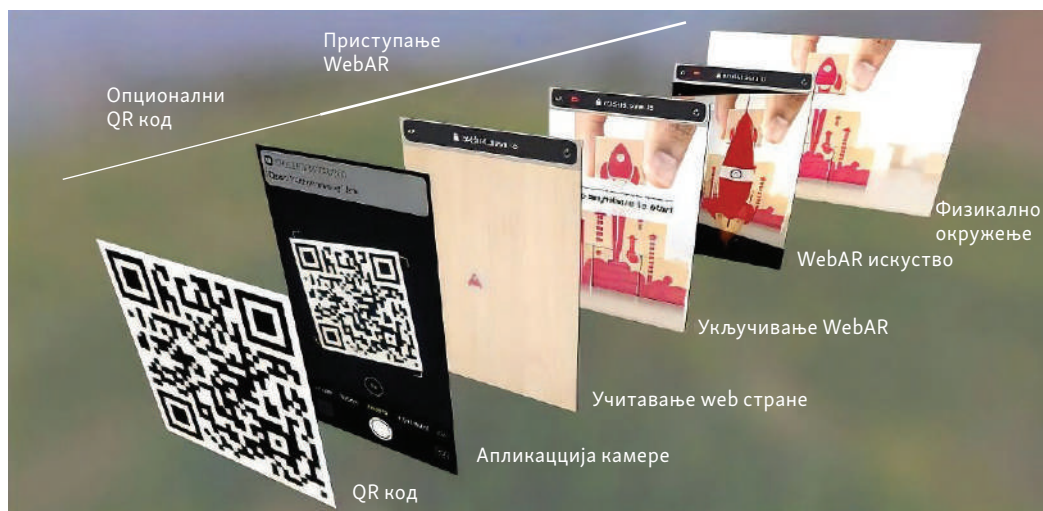
ARToolKit јесте пионирски бесплатни SDK за развијање апликација проширене стварности. Како смо већ напоменули у одјелку књиге која се бавила историјским развојем феномена проширене стварности, овај софтверски пакет је првобитно објављен 1999. године, а од тада је прошао више различитих трансформација и ажурирања. Неке од функција укључених у најновију верзију су праћење планарних слика и једноставних маркера, генерисање маркера природних карактеристика, подршка за брзину у реалном времену и лака калибрација камере. *ARToolKit* такође долази са неколико опционалних додатака за развој са AR платформом *Unity*.

Проширена стварност путем интернет мреже – WebAR

Као што је већ предочено, искуство проширене стварности доступно је углавном путем одређених апликација, односно софтвера који се преузимају и по потреби активирају на уређају. Првенствено се, данас, ради о паметним, тј. мобилним телефонима. Управо се потреба за инсталацијом апликације на телефону, показала као један од ограничавајућих елемената у ширењу технологије проширене стварности. Корисници нерадо пристају да снимају додатне садржаје на телефоне ради меморијског простора али и због питања приватности и контроле таквих апликација, пошто је за њихов рад потребно дозволити приступ камери и другим подацима.

WebAR се односи на искуства проширене стварности којима се приступа путем веб претраживача (*browser*), а не апликације. То значи да вам је потребан само паметни телефон или таблет и интернетска веза, без потребе за преузимањем апликације директно на телефон.

Тренутно WebAR нуди ограничен избор главних функција могућих



Слика 14а. Начин рада WebAR

Извор: Адаптирано према: (WebAR: The Next Big Thing for Your Business, 2018)

употребом апликације за проширивање стварности, укључујући једноставне анимације, видео записе и одређени степен интерактивности. Оваква врста имплементирања проширене стварности, такође може подржати откривање маркера у окружењу за покретање дигиталног проширења. Пошто је ово веб апликација, постоје платформе које подржавају креирање WebAR -а сличне нормалним платформама за веб развој (Graves, 2020).

Иако су већ учињени одређени прелиминарни покушаји ка AR заснованом на вебу (Веб AR), ограничене могућности умрежавања и рачунарства увелико ометају његову масовнију и ефикаснију практичну примјену.

Принцип креирања окружења проширене стварности путем интернетске мреже сличан је ономе који је организован путем апликације која се инсталира на телефон. Као прво потребно је детектовати уређај (телефон) и одредити његову позицију у простору, да би се могла урадити регистрација, односно синхронизација дигиталног садржаја и физикалног окружења. Ова синхронизација се ради на основу положаја камере телефона. За покретање дигиталног садржаја потребни су тзв. окидачи на основу којих се покреће процес аугментације. То могу бити различити маркери, QR кодови или чак лице корисника. Улога окидача је да пошаљу захтијев за испоручивање дигитализованог „слоја” стварности, односно учитавање web стране и укључивање WebAR. На тај начин се окружење проширене стварности испоручује преко интернета и онда путем камере телефона „преклапа” са физикалном стварношћу (слика 14а).

Очигледно је да је вријеме учитавања садржаја, односно количина испорученог садржаја једна од кључних компоненти овог начина организације проширене стварности, заједно са могућностима и меморијским

ограничењима самог претраживача инсталираног на телефону. У литератури (Кјао, 2019) која обрађује ову форму организације проширене стварности могуће је наћи два основна приступа имплементације дигиталних садржаја – имплементација у оквиру једног уређаја (*Self-contained*) и имплементација изван самог уређаја (*Computation outsourcing*). Ова је подјела извршена према критеријуму мјеста гдје се врши обрада података и свака од њих има својих предности, али и мана. Први начин у којем се процесуирање врши у оквиру уређаја, односно на мобилном телефону показује мању зависност од интернет мреже и њених недостатака, па праћење (*tracking*) и позиционирање дигиталног објекта неће бити успорено и непрецизно због кашњења у комуникацији између телефона и интернет садржаја. Проблем код оваквог приступа, како истиче Кјао, јесу ограничене техничке карактеристике велике већине мобилних телефона. Даљи развој овог типа имплементације проширене стварности иде у правцу побољшања карактеристика самог претраживача, односно његовог софтвера за рендеровање (*Extending the Browser Kernel*). Данас постоје различити претраживачи чија је функција адаптирана да омогућавају релативно брзу испоруку и обраду садржаја потребних за проширење стварности као што је то пројекат *Argon*. *Argon.js* првобитно је дизајниран да искористи могућности проширене стварности путем претраживача који подржава *Argon AR P* на *iOS* поједностављујући процес испоруке дигиталних садржаја на мобилним платформама без потребе за креирањем, испоруком и подршком уобичајних апликација.

Иако су могућности већине веб претраживача за испоруку проширене стварности тренутно минималне, оне се брзо побољшавају, при чему је *Argon* један од почетних корака у овој еволуцији (www.argonjs.io). Ипак, најзначајније помаке у области *WebAR* направили су Гугл и Мозила, урадивши *WebXR Viewer*. То је прегледач за веб проширену стварност који омогућава креирање и покретање искуства проширене стварности путем интернета на основу Епловог *SDK* под именом *ARKit* (Коопер и MacIntyre, 2003), о коме смо већ писали у одјељку који се бавио основним апликацијама. Ту су још и *WebARonARKit* – експериментални програм за *iOS* (и андроид, такође) који омогућава корисницима да развијају и користе садржаје у окружењу проширене стварности путем интернета, те *WebARonARCore* експериментали претраживач за *WebAR*.

Друга опција имплементације веб садржаја у оквиру проширене стварности (*outsourcing*), како је речено користи услуге смјештања и обраде података потребних за покретање *WebAR* на конфигурације изван самог телефона. Најчешћа опција у оквиру ове категорије јесте тзв. облак. Ова стратегија кориснику побољшава искуство проширења стварности, али истовремено захтијева и стабилну везу и брз проток информација, што још увијек није стандард (Zhang и сарадници, 2018).

Кјао (2019) сумирајући досадашња искуства са *WebAR* истиче да пред

даљим развојем садржаја проширене стварности путем интернета стоје три основна изазова: рачунарска ефикасност, енергетска ефикасност и умрежавање. Изазов рачунарске ефикасности односи се првенствено на способност данашњих процесора који се налазе у мобилним телефонима да у кратком временском року обраде, односно процесуирају већу количину података коју захтијевају дигитални садржаји проширене стварности. То се посебно односи на графичке способности тзв. рендеровања. Према истраживањима (Shoaib и сарадници, 2015) просјечном процесору у телефону потребно је вријеме дуже од двије секунде да доврши препознавање слике. Уколико се рачунарске перформансе мобилних телефона у будућности значајно не поправе, искуство овог типа проширене стварности биће ограничено на једноставнију и мање захтијевну примјену. Другим ријечима биће ограничено углавном на домен различитих области маркетинга и продаје производа. С тим у вези, повећање рачунарске ефикасности, треба бити праћено и повећањем енергетске ефикасности, тј. повећањем капацитета батерије на мобилним телефонима. Батерија на мобилном уређају ће се суочити са огромним притиском изазваним сложеним рачунским задацима, пошто је дизајнирана само за уобичајене функције. Да би постигле боље перформансе, односно да би се убрзао процес учитавања и обраде података WebAR, могуће је дио процеса обављати у „облаку” (cloud). Међутим, растерећење рачунања може увести додатно кашњење у комуникацији, што ће утицати на корисничко искуство и ограничење његове примјене у постојећим мобилним мрежама (Zhang и сарадници, 2018).

Развој WebAR осим помоћи из „облака” узда се и у појаву најављене имплементације 5G мреже која доноси десет пута већу пропусност од садашње 4G (брзине downloada 2.5 GB/s и uploada од 1.25 GB/s) и оно што је јако важно значајно нижу латенцију или „кашњење мреже” која је у односу на 4G мања и до стотину пута (од 4–1 ms у односу на 50–100 ms), Kjaо (2019) такође напомиње и нове технолошке могућности које доноси *device-to-device (D2D) communication*, *multiaccess edge computing (MEC)* и *5G network slicing*.

Методe идентификације, регистрације и позиционирања дигиталних објеката

Једна од важнијих препрека на пут ефикасног и апликативног развоја окружења проширене стварности јесте свакако био начин временски и просторно исправне и поуздане али и једноставне (посматрано са аспекта технолошке сложености и захтијевности за тадашње компјутерске системе) идентификације како физикалних објеката, тако и регистрације и позиционирања дигиталних објеката на физикалну стварност. У иницијалној фази развоја система проширене стварности (AR), како смо видјели код



Слика 14б. Изглед маркера у Рекимотовом систему (Лијево оригинални, десно очитан путем камере)

Извор: Рекимото 1998

Садерленда, кориштени су различити инфрацрвени, односно ултразвучни сензори и камере. Проблем код оваквих конфигурација су веома честа и значајна одступања и непрецизности регистрације објекта, те прилично ограничен број објеката који се могу лоцирати и идентификовати. При том се ради о релативно гломазној и скупој опреми.

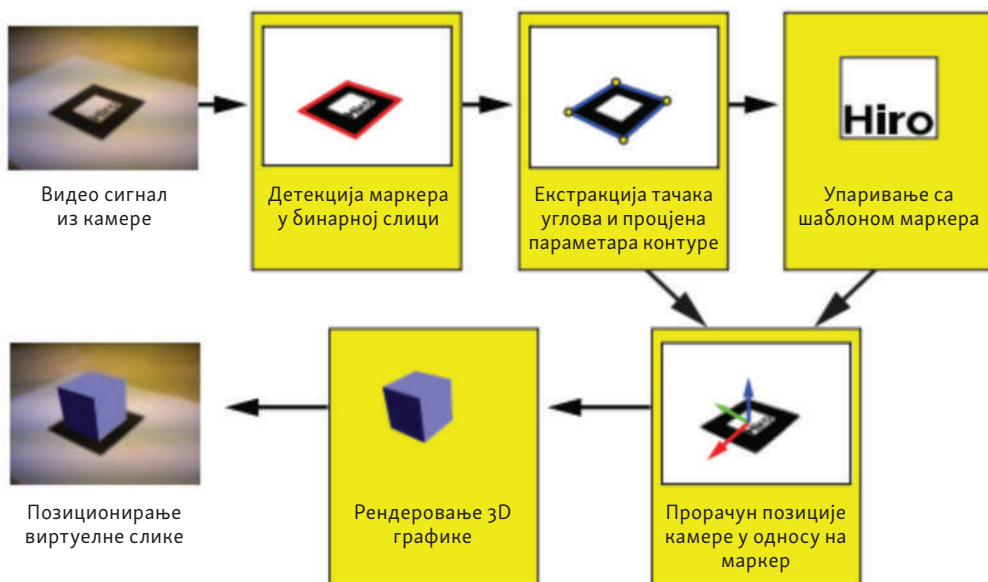
Један од првих пробоја у том смислу који је испуњавао наведе захтије-ве јесте метод који је развио Јун Рекимото (Rekimoto, 1998). Овај систем региструје физикалне објекте које треба „проширити” одређеним дигиталним садржајима на веома једноставан и доступан начин – путем визуелних маркера и обичне видео камере. Предност овог система је у томе што су наведени маркери, у ствари, нека врста квадратних бар кодова (слика 14б) које је могуће штампати на обичном штампачу, а који, распоређени у одређену матрицу, могу регистровати огроман број (2^{16}) објеката (1998, стр. 1).

Систем функционише тако што скенира бинарну слику са маркера и открива код који је додијељен сваком од објеката, односно идентификује која врста дигиталног садржаја треба бити „постављена” преко маркера, односно објекта. Систем, такође, лоцира положај путем анализе снимка видео камере – помоћу алгорита анализира углове и дисторзију самог маркера – те процјењује углове и позицију камере у односу на објекат. Када уређај идентификује објекат из физикалне стварности на основу приложеног кода, одговарајући 3D дигитални садржаји из базе података бивају суперпонирани преко објекта. На тај начин је могуће прилично прецизно позиционирати дигитални садржај на жељени физикални објект, односно видјети га путем визира камере (Рекимото, 1998, стр.6).

Процес идентификације, односно регистрације маркера, калибрација камере и суперпонирање дигиталног објекта постаје умногоме сложенији када се ради о потреби за тзв. конференцијским системима у оквиру проширене стварности. Като и Билингхурст (Н. Kato and M. Billinghurst, 1999) развијају прецизан метод регистрације учесника и објеката у окружењу проширене стварности. Њихов метод, сматрају аутори, превазилази два основна проблема; калибрацију тродимензионалног визира, односно камере и тачно

одређење положаја и позе маркера (1999, стр. 4). Склоп је организован тако да корисници конференције носе I-О наочаре и имају испред себе одређене маркере који су урађени у облику посебно обиљежених картица. Ове картице заузимају тачно одређени положај и, у ствари, служе да се позиционира лик (аватар) учесника. Већа картица представља маркер за позиционирање дигиталне, односно виртуелне заједничке бијеле табле која се користи приликом конференције. За писање и интеракцију са виртуелним објектима на заједничкој табли корисник има једноставну оловку која се састоји од LED диоде постављене на оловку. Када LED диода додирне површину, прекидач се активира и укључује се опција табле.

Иако је претходно описани напредак у развоју и примјени технологије проширене стварности био импресиван, ипак је недостајао један веома битан корак који би ову врсту стварности учинио, да тако кажемо, још стварнијом. Крај другог миленијума заиста је, како смо видјели, отворио неслућене могућности суперпонирања различитих дигиталних (и визуелних и аудио) садржаја индивидуалним корисницима. Међутим, изостала је примјена која би омогућавала умрежавање више корисника у оквиру заједничког окружења проширене стварности. Свакодневна егзистенција, било да се ради о обављању послова или доколицы и забави одвија се нужно у неком друштвеном окружењу. Колаборација, заједнички и тимски рад који су постали суштина савремених истраживачких напора у различитим областима живота и рада, поставља велики изазов за дизајнере система проширене стварности. Један



Слика 15. Шема функционисања система маркирања и позиционирања дигиталног објекта према ARtoolkit

Извор: Агајширано према (Henrysson, 2007)

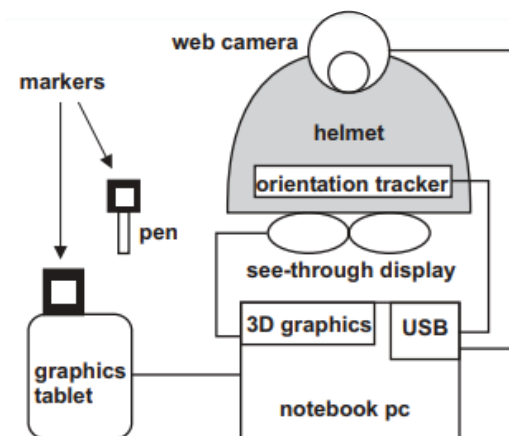
од првих пројеката на ту тему урадили су Рајтмајр и Шмалстиг (Reitmayr & Schmalstieg) са Универзитета у Грацу. Њихов рад *Мобилна сарадничка проширена стварност* (Mobile collaborative augmented reality) појавио се 2001. године са основном идејом спајања бенефита које доноси мобилно рачунарство и колаборативног модуса рада путем рачунарског умрежавања (Computer supported collaborative work – CSCW) (слика 16). Према Рајтмајру и Шмалстигу (2001, стр. 3) систем мобилне сарадничке проширене стварности омогућава корисницима који се налазе на различитим физикалним локацијама да осјете, односно доживе и користе заједнички простор који је испуњен и стварним и виртуелним објектима. Штавише, тродимензионална интеракција отвара нова подручја примјене као што је заједнички рад помоћу рачунара на конкретном физикалном објекту, пројекту, тј. нацрту или нпр. партије шаха између физикално присутног и удаљеног играча (слика 16).

Аутори истичу да систем колаборативне проширене стварности посједује адекватну просторно-временску синхронизацију графичких података



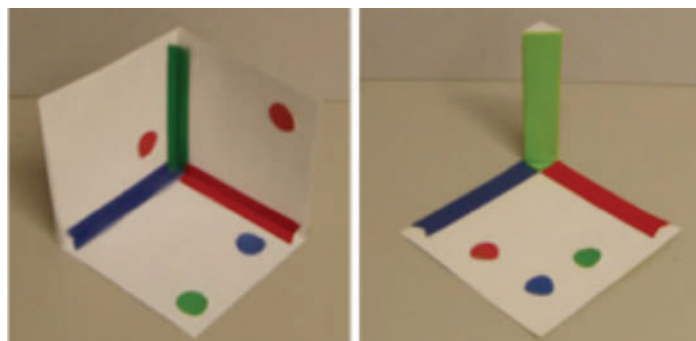
Слика 16. Примјер система сарадничке проширене стварности

Извор: Адаптирано према Reitmayr & Schmalstieg, 2001.





Слика 17. Примјер проширивања стварности на платформи комерцијалног мобилног телефона



Слика 18. Изглед AR маркера чијом се регистрацијом покреће видео приказ
Извор: Mohring, C. Lessig, and O. Bimber, 2004

и података о апликацијама, па чак и покреће 3D апликације у ходу ново-придруженим члановима радне групе. Сарадњу у оквиру мобилне проширене стварности могуће је остварити и у затвореном и отвореном окружењу. Додуше, у овом другом случају је то доста захтијевније и теже али су и могућности за колаборацију и рад на различитим пројектима значајније. У наведеном раду је дат и примјер састанка архитеката на отвореном ради разговора о грађевинском пројекту на локацији.

Оба архитекта су опремљена покретним виртуелним радним простором који им пружа приступ њиховим фајловима, скицама, разним биљешкама и програмима за моделовање. Како се двојица архитеката приближавају, њихови комплети се повезују, стварајући виртуелно „мјесто” на којем је могућа сарадња. Корисници сада могу једни другима показати све податке које су понијели, као и измијенити постојеће пројекте. Такође, могу да у планирану локацију по жељи постављају различите стамбене и инфраструктурне виртуелне тродимензионалне објекте (2001, стр. 3).

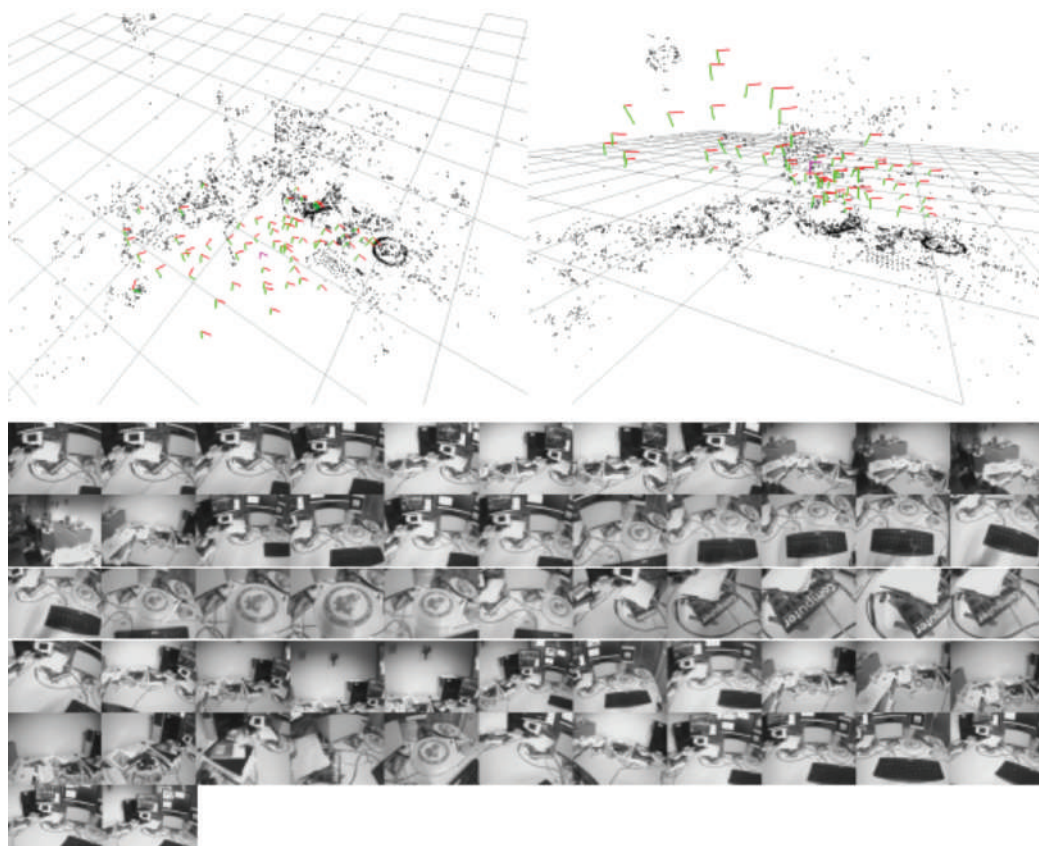
Како се могло уочити из претходних примјера, и поред значајног смањења габарита опреме која се користила у системима за аугментацију стварности, мобилност и величина опреме, те њена доступност широј популацији, ипак су представљали значајан проблем и препреку њеном развоју и масовнијој употреби. На Међународном симпозијуму о мјешовитој и проширеној стварности одржаном у Арлингтону (САД) у новембру 2004. године

предстаљен је први видео систем за проширену стварност на комерцијалном мобилном телефону који је подржавао откривање и разликовање различитих маркера и исправну интеграцију приказаних 3D графика у живи видео стриминг (Mohring, C. Lessig, and O. Bimber, 2004). Примјена проширене стварности на тадашњој генерацији комерцијалних мобилних паметних телефона имала је, према ауторима, мноштво, првенствено технолошких, ограничења као што су ниска резолуције видео стрима (16 слика у секунду са резолуцијом 16x120 пиксела), мало графичких и меморијских могућности (4 MB RAM), као и спори процесори (104 MHz ARM).

Ипак, посебним дизајном маркера (слике 17 и 18) и изработом једноставнијег алгорита за његову детекцију избјегнута је потреба за калибрацијом камере што је значајно смањило процесорске и графичке захтијеве при функционисању овог система проширене стварности (2004, стр. 3).

Развој мобилне телефоније, појава довољно квалитетних компактних камера и екрана, те посебних апликација омогућио је да чак и захтијевнији системи за генезу аугментативног физикалног окружења постану саставни дио употребе тзв. паметних телефона. Новонастала мобилност захтијевала да се проширење стварности може вршити и у оквиру новог, односно непознатог окружења. Да би ово било могуће, очигледно је да се тај непознати простор мора учинити познатим, односно да се мора мапирати. Међутим, главни проблем ове операције састоји се у томе да локација агента односно уређаја који врши мапирање мора бити позната и константно ажурирана како се терен прогресивно картира. Дакле, потребно је симултано вршити и мапирање и локализацију, односно давати положај камере у непознатом окружењу. Радови Клајна и Марија (Klein and Murray, 2007; 2009) омогућили су да се овај процес крене користити и за потребе проширене стварности и на платформама мобилних телефона. Они су развили серију алгоритама, односно систем PTAM (Parallel Tracking and Mapping – паралелно праћење и мапирање) који не захтијева маркере, унапријед направљене мапе, нити познате предлошке или инерцијалне сензоре. Допринос Клајна и Марија (2007) јесте у томе што они предлажу да се процеси праћења локације и положаја камере мобилног телефона, с једне стране и мапирање терена с друге, подијели на два одвојена задатка, која би била процесуирана паралелно на рачунару са два језгра: један сегмент би се бавио задатком праћења камере док се корисник креће са мобилним телефоном, док други ствара 3D мапу тачака на основу анализираних снимака камере (слика 19).

Резултат је систем који производи детаљне мапе са огромним бројем оријентира који се могу пратити са прилично великом прецизношћу, што је омогућило да се на тај новомапирани простор суперпонира и дигитални садржај. На овај начин мобилни телефони су постали уређаји помоћу којих се могао употпунити циклус од дигитализације, односно мапирања одређеног простора или објеката, његове прецизне локализације, па до суперпонирања



Слика 19. Мапа радног стола (горе) урађена на основу анализе фрејмова видео снимка (доле)
Извор: Клајн и Мари, 2007

дигитализованог садржаја. Остало је још само да се побољшавају техничке карактеристике у погледу побољшања квалитета камере и брзине процесора, те рад на производњи апликација помоћу којих би се проширена стварност примијењивала у различитим областима живота и рада.

Управо то се и догађало у области проширене стварности у периоду од 2010–2020. Као најважније догађаје и производе можемо издвојити појаву Гуглових наочара, чија се прва верзија појавила 2013. године (слика 20).

Гуглове наочаре (Google Glass), у ствари представљају, преносиви андроид уређај, односно компјутер у форми наочара, којим се управља гласом и покретом и који приказује информације директно у корисничком видном пољу.

Ове наочаре нуде искуство аудио-визуелно проширене стварности директно на самој локацији гдје се корисник налази, са циљем пружања потребних додатних информација, оно што, наравно и корисник непосредно види. На примјер, по уласку у аеродром, корисник може аутоматски добити информације о статусу лета који му је потребан. Такође, овај уређај за



Слика 20. Прототип гуглових наочара из 2013. године

(Извор: Antonio Zugaldia)



Слика 21. Glass из 2019. године, Enterprise Edition 2

Извор: <https://www.google.com/glass>

аугментацију стварности користи се и у процесу производње, хируршки и другим болничким процедурама или приликом складиштења и опремања робе као што је то случај са Glass Enterprise Edition који се појавио 2019 (слика 21). Ове су наочаре имале огроман позитиван утицај на перцепцију технологије и кориштења проширене стварности.

Гугл наочаре раде под андроид оперативним системом. Имају уграђену Bluetooth и Wi-Fi конекцију, те камеру помоћу које може да снима (и фотографише) све што се налази у видном пољу. Скуп хардвера и апликација за подршку односно аугментацију стварности путем ових наочара назван је Glassware који служи да корисник све информације добија на стаклу наочара умјесто на неком од стандарних екрана на рачунарима.

Видео информације одличног квалитета се просљеђују директно путем микро-пројектора, користећи приватни канал комуникације којем само корисник може да приступи. Управљање оперативним системом гугл наочара врши се путем гласовних команди или посредним покретима одређене врсте (покрет нпр. очију или главе који служи да скроловање или листање садржаја итд.) или непосредно путем, на додир осјетљивом ободу наочара.

Кључна карактеристика гуглових наочара је полупрозрачни екран смјештен на горњој десној страни наочара. Овај екран заузима само око пет процената природног видног поља корисника и одговоран је за пренос информација. Да би могли да гледају екран, носиоци морају да погледају горе, што је одлично рјешење које не омета видно поље. Неке од додатних функција које екран дјелимично омогућава су могућност снимања фотографија и видео записа, а затим дјељење тачно онога што корисник види путем интернета. Постоји и опција кориштења интернета и гугл претраживача преко конекција које смо већ напоменули. Корисник има могућност да прима аудио и видео позиве, као и остале апликације данас стандарног гугл налога као што

су подсјетник, гугл мапе, календар, електронска пошта итд. којима може да управља гласовним командама (Стил, 2019).

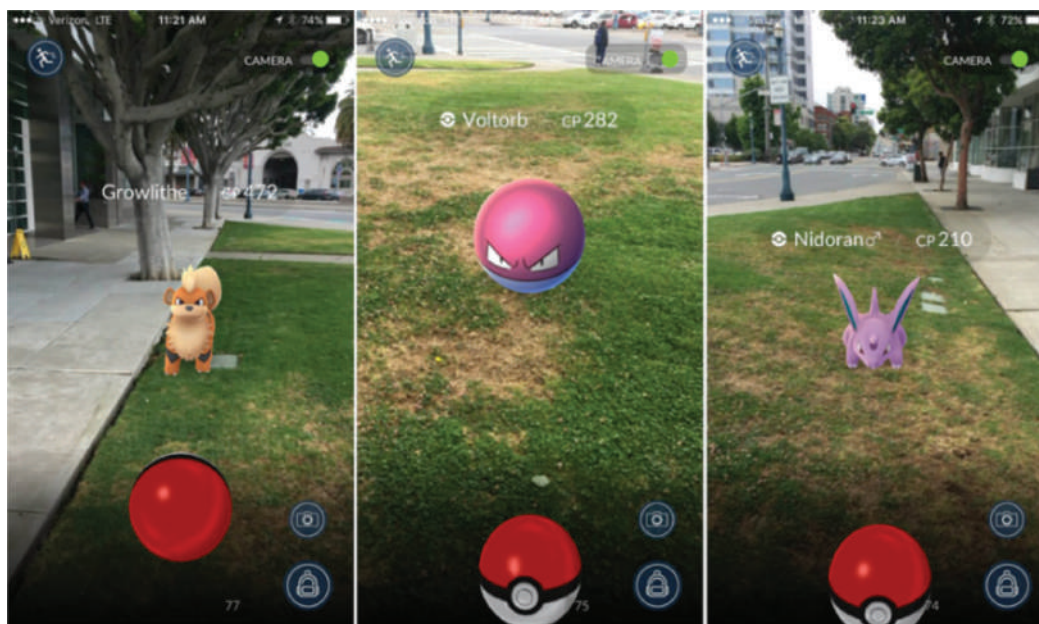
Табела 1. Техничке спецификације гугл Glass Enterprise Edition 2 наочара

SoC	Qualcomm Snapdragon XR1
Оперативни систем	Android Open Source Project 8.1 (Oreo)
Меморија	3GB LPDDR4 32GB eMMC Flash
Конекције	IEEE 802.11a/g/b/n/ac, dual-band Bluetooth 5.0
Камера	8 Megapixel color sensor 83° diagonal field of view f/2.4 aperture Fixed focus, best focus at 0.6m Up to 1080p30 video
Екран	640 pixel × 360 pixel RGB
Аудио излази	Mono Speaker USB audio Bluetooth (HFP supported)
Микрофони	3 near field beam-forming microphones
Екрани осјетљиви на додир	Multi-touch gesture touchpad
Инерцијални сензори	3-axis Accelerometer 3-axis Gyroscope 3-axis Magnetometer
Тежина	46 g
Димензије без оквира	212 mm × 57 mm × 29 mm (несавијене) 182 mm × 55 mm × 29 mm (савијене)

Извор: Агађирано према <https://www.google.com/glass/tech-specs/>

Pokemon Go

Ипак, поред гуглових наочара, догађај који је можда и понајвише учинио за популаризацију и даљи развој проширене стварности не налази се у домeну научно-технолошког или истраживачког рада престижних институ-та. Својеврсна револуција која је проширену стварност ставила у жижу јавности и заправо је увела у мејнстрим догодила се 2016. године захваљујући игри Pokémon Go у издању компаније Niantic. Игра у којој играчи, у реалном, односно физикалном окружењу, покушавају да ухвате егзотична чудовишта из Pokémonа, јапанске франшизе цртаних филмова – користи комби-нацију уобичајених технологија уграђених у паметне телефоне, укључујући праћење локације и камере (слика 22). Оно што је посебно за ову игру јесте то



Слика 22. Проширена стварност у игри Pokémon Go
Извор: (www.bannerflow.com)

што се дигитални садржај, односно ликови покемона суперпонирају, помоћу маркера, на одређене објекте или чак знаменитости.

Према ријечима Jennifer Booton (Pokémon Go's Influence..., 2016) Pokémon Go је пружио потребан примјер преклапања дигиталног и физикалног свијета путем мобилних уређаја. За разлику од виртуелне стварности која захтијева потпуно повлачење из околног физичког свијета, проширена стварност се догађа у физикалној, што је чини много привлачнијом за велики дио корисника. Да је тај примјер споја двије стварности био и више него одговарајући показале су и бројке. Наиме, у првих седам дана у САД-у ову бесплатну игру је на своје мобилне телефоне „скинуло” више од 20 милиона људи. Крајем 2019. године игра је забиљежила преко милијарду инсталација у више од 150 земаља свијета и при том је зарађено више од двије милијарде америчких долара (Кларк, 2019).

Генерални директор компаније Niantec заслужен за појаву игре Pokémon Go, Џон Ханке у интервју за часопис Варајети сматра да је имала своје мјесто, односно свој смисао појављивања на тржишту (осим, наравно прихода који је остварен) ако ништа друго, онда ради тога што су из њене огромне популарности извучене и одређене поуке у погледу природе и смисла креирања и коришћења окружења проширене стварности у будућности.

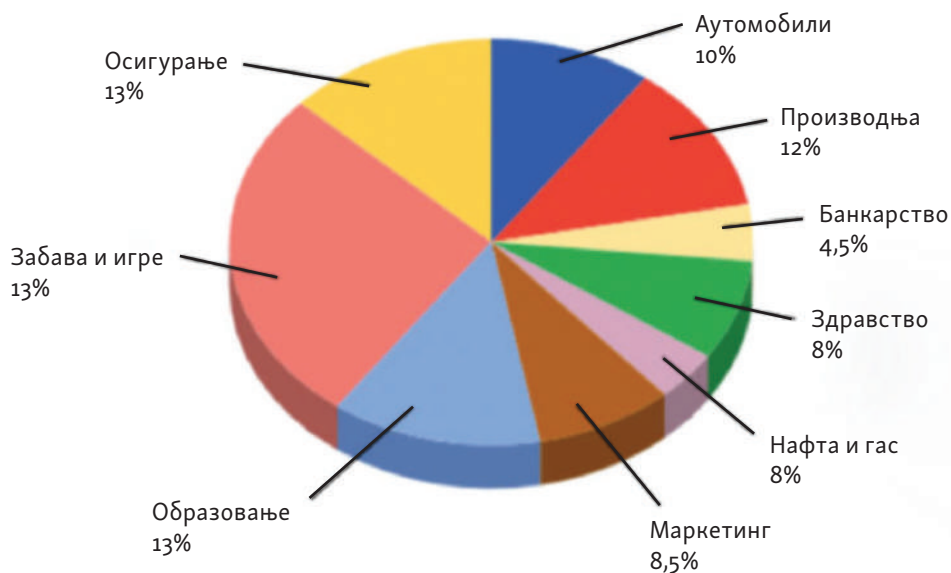
Поглед који даје проширена стварност је једна нова врста погледа на наш свијет чије могућности треба искористити на прави начин. За Ханкеа проширена стварност је прије свега начин да се продуби разумијевање свијета

у којем живимо али и да се помоћу ње креирају и услови за уважавање свијета у којем живимо. Да би се прошириле могућности које у себи носи технологија проширене стварности, према Ханкеу, потребно је направити следећа три корака која су, у својој суштини, геотехнолошке природе:

1. мапирање свијета као неизбјежног темеља за креирање аугментованог окружења;
2. стварање оног вида проширене стварности која ће на интелигентан начин моћи да контекстуализује добијене информације и
3. стварање услова да окружење проширене стварности постане заједнички основ креирања искуства за све (Кларк, 2019).

Подручја примјене проширене стварности и неке од важнијих апликација

Као што се и могло видјети из приказаног историјског развоја проширене стварности, области примјене ове врсте технологије су заиста огромне. У овом дијелу рада ћемо навести неке најважније апликације које су обиљежиле и усмјериле њен развој. Мада новчани приходи нису увијек тачно и поуздано



Слика 23. Удио појединих сегмената примјене AR на тржишту у 2020. години
Извор: Адаптирано према Shukla and Rudra, 2020

мјерило важности одређених трендова и производа у цјелини, ипак тржишни показатељи сигурно могу пружити увид у главне правце и токове садашњег али и будућег развоја неког производа или технологије. Подаци (Deuan, G., 2021) показују да се вриједност тржишта проширене стварности посматрано на глобалном нивоу у посљедње три године готово удвостручила пораставши са 1,8 милијарди америчких долара колико је износила 2018. године на 3,5 милијарде у 2021. години. Статистичари који прате развој ове врсте технологије заправо сматрају да ће њен развој бити запрепашћујуће брз сљедећих пар година, прогнозирајући да ће глобално тржиште проширене стварности у 2023. години бити вриједно 18 милијарди америчких долара, односно невјероватних 198 милијарди у 2025. години (Liu, 2020)! У погледу броја корисника, прогнозе су да ће у наредној години неки од облика проширене стварности користити готово 3,5 милијарде људи. Иако је највећи број улагања али и зараде још увијек у области забаве, дакле компјутерских игара базираних на проширеној стварности, трендови раста су очигледни у оквиру производње, здравствене заштите и образовања (слика 23).

То је и логично с обзиром на то да се у том сектору идеје остварују најбрже, најједноставније и најпрофитабилније. Због изузетно брзог напредовања и развијања ове врсте технологије, веома је тешко сегментирати области примјене проширене стварности. Већину апликација и уређаја могуће је користити у више домена људског живота. С друге стране, нове апликације и подручја примјене се дословно отварају преко ноћи, друге застаријевају и доживљавају редизајн, па је прилично незахвалан посао издвајати их.

Ипак, могуће је у грубим цртама направити подјелу подручја примјене проширене стварности а да се при томе не оде у превелики број подјела и да сене изгуби из вида значај развоја окружења проширене стварности за свакодневни живот. Према Педију (Peddie, 2017) могуће је издвојити три најважније области примјене AR технологије у савременом свијету:

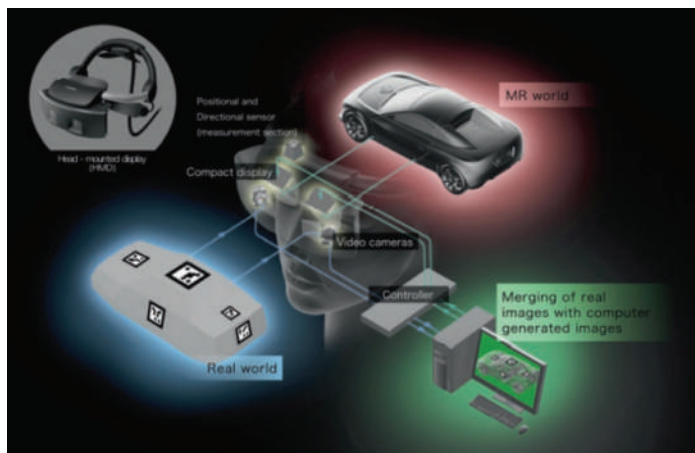
1. Наука, производна технологија и управа
2. Трговина и предузетништво
3. Потрошња

AR у индустријској производњи

Као што је напоменуо Џон Ханке у вези игре Покемон проширена стварност је, како се показује, много више од релативно јефтине забаве. Анализе кретања улагања у ову област указују на веома значајне промјене у структури уложеног новца у смислу да улагања у сектор производње постају приоритетна у



Слика 24. Заваривачка обука у окружењу проширене стварности



Слика 25. Canon MREAL System

односу на области забаве и игара. Више од 65% анкетираних компанија које се баве развојем окружења проширене стварности изјаснило се да ради на индустријским апликацијама, док само 37% њих ради на потрошачким производима и софтверу за забаву (Kite-Powell, 2020).

То није случајно јер постоји директна веза између четврте индустријске револуције и проширене стварности. Четврта индустријска револуција (Индустрија 4.0) у својој суштини представља потпуну аутоматизацију традиционалних производних и индустријских пракси путем тзв. паметне технологије. Ова аутоматизација се оставрује путем комбинација кибер-физичких система, односно комуникације између самих машина (М2М) и тзв. интернетом ствари (IoT) што омогућава интегрисање производног процеса и побољшану комуникацију, самонадзор и производњу паметних машина које могу да анализирају и дијагностификују проблеме без потребе за људском интервенцијом (Moor, 2019; Marr, 2018).

Данас је могуће, сматрају Де Паће и сарадници (De Pace et al., 2019), идентификовати најмање пет главних подручја примијене проширене стварности у овој новој фази развоја индустрије: а) сарадња човјека и робота, б) одржавање, склапање-поправка, в) обука, г) инспекција производа и д) надзор изградње.

У домену сарадње човјек-робот, проширена стварност се користи за стварање ефикасних интерфејса за интеракцију са индустријским роботима. У задацима одржавања, склапања и поправке, њена улога је да побољшава продуктивност. AR се, с друге стране, може користити и за директно преносење основних информација кориснику о ономе што се налази испред њих – смањујући вријеме које инжињери, техничари или особље за одржавање проводе позивајући се на приручнике и тражећи информације на мрежи док обављају одређене послове. За вријеме обуке, корисници могу помоћу окружења проширене стварности научити нове вјештине и побољшати своје способности (слика 24).

Током прегледа производа, контролори могу примјетити било каква одступања предмета користећи моћне и свестране системе проширене стварности. Коначно, у операцијама надгледања процеса градње, системи проширене стварности на једноставан и интуитиван начин истиче сваку грешку или одступање објекта.

Овдје је нужно додати и област дизајна у којој се технологија проширене стварности показала као изузетно корисна због своје способности тродимензионалне визуелизације, брзине мијењања облика, боја, дијелова, те наравно могућности „инсталације” дигитализованог модела у жељено физикално окружење. У области индустријског дизајна могуће је, између осталих, истаћи производе попут The Canon MREAL System који се појавио 2013. године (слика 25) да би у 2021. добио иновирану варијанту MREAL S1 са цијеном основног модела од 38 000 америчких долара.

AR у медицини

Примјена проширене стварности у медицини покрива веома различите области. Према подацима које је изнио сајт Statista почетком 2021. године, предвиђа се да ће до 2026. године тржиште AR у сегменту здравствене заштите са нешто више од једне милијарде америчких долара у 2018. достићи цифру од 11,15 милијарди долара. Обзиром на суштинске карактеристике процеса аугментације, било је и логично да се међу првима појаве системи који могу да помогну особама које имају проблема са видом. Тако је тим са Оксфорда под руководством Стивена Хикса (Stephen Hicks) 2016. године развио ОксСајт (OxSight). Користећи чињеницу да више од четири петине људи који пате од неке врсте сљепила, ипак имају осјећај свјетлости, односно могу



Слика 26. ОксСajт наочаре, модел Opix

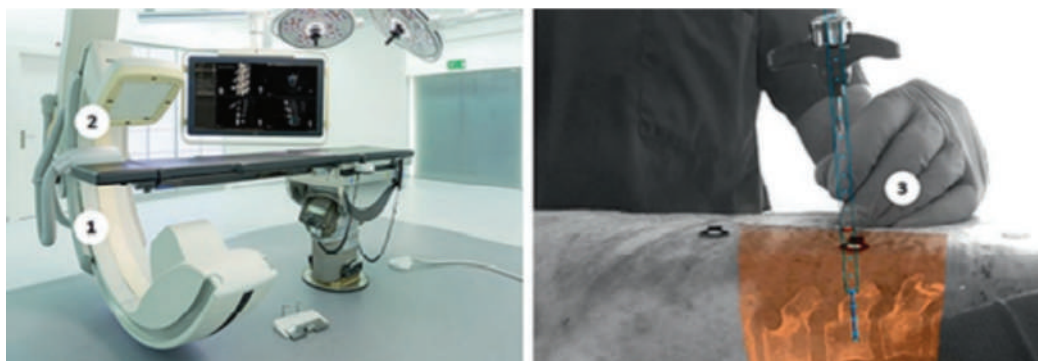
разликовати свјетло и таму, Хикс је дизајнирао AR уређај у облику наочара који је у стању да ту свјетлост „преведе” у облике и нијансе. На тај начин је слијепим људима омогућено да препознају физичке предмете, односно њихове контуре, те да имају и перцепцију дубине у физичком окружењу.

ОксСajт паметне наочаре користе прозирна епсонова сочива за пројекцију у комбинацији са три инфрацрвене и сензорске камере како би „пројектовала” обресе људи и предмета у преостали вид корисника. Помоћу ових наочара могуће је релативно сигурно кретати се у простору са препознавањем дубине до четири метра (Calahane, 2017). Постоје различити типови наочара обзиром да ли се ради нпр. о губитку централног или периферног вида итд. Нови модели омогућавају и функције попут препознавања и праћења лица, откривања текста, аутоматског ноћног режима, па чак и ТВ режима, по цијени од 1499 фунти (слика 26). Обзиром да је у 2020. глобално регистровано готово 40 милиона слијепих људи и 237 милиона људи са озбиљним проблемима са видом очигледно је о каквом се огромном потенцијалу ради у овој области примijeне проширене стварности.

Још једна област медицине биљежи изузетан напредак када се ради о примijeни окружења проширене стварности. Иако још увијек у раној фази, хирургија која се ослања на технологију аугментације физикалног објекта постаје све присутнија.

Кориштењем Микрософт система *Hololens* хирурзи су у могућности да дигиталне снимке са ЦТ скенера „положе” на или боље речено „у” пацијенте у операционој сали и тако, заправо, добију пластични тродимензионални увид у јединствену анатомију крвних судова, ткива и костију сваког пацијента прије и током захвата (слика 27).

Осим наведеног хололенса ту је и систем VOSTARS (Video and optical See-Through Augmented reality Surgical System) помоћу којег је урађена и прва хируршка операција (на)вођена помоћу проширене стварности коју је извео тим у болници у Болоњи. Умјесто дотадашње праксе која подразумијева да



Слика 27. Рендген (1) са ниским степеном зрачења; који користи систем проширене стварности (2), тродимензионални приказ пацијентове кичме приликом планирања хирушког захвата (3)

Извор: Peddie, 2017, с108

је током операције присутно више сарадника који прате стање пацијента, хирург је носио AR уређај који му је омогућавао да види податке о пацијенту кроз сочиво визира, укључујући пулс, тјелесну температуру, крвни притисак и брзину дисања, као и преоперативне слике са CT, MRI и 3DUS скенирања. Хирургија на даљину је такође постала све присутнија захваљујући примјени технологије проширене стварности. Платформе попут Проксими (Proximie) комбинују AR и AI технологију са видео преносом уживо, омогућавајући хирурзима сарадњу и захвате на даљину. Платформа је основана од стране Надин Харам, реконструктивног пластичног хирурга са сједиштем у Лондону и први пут је коришћена 2016. године. Функције Проксимија су између осталог поглед од 360 степени на сваки угао и сваку машину у операционој сали. Такође, омогућава се пренос у реалном времену без застоја или кашњења. До сада је обављено више од 5.000 хируршких захвата у 35 земаља свијета.

Употреба у едукацији

Проширење стварности, како смо видјели, заправо је проширење комуникационог потенцијала физикалне стварности. Тај комуникациони потенцијал проширује се или увећава путем дигиталне интервенције, односно додавањем одређеног дигиталног објекта или система.

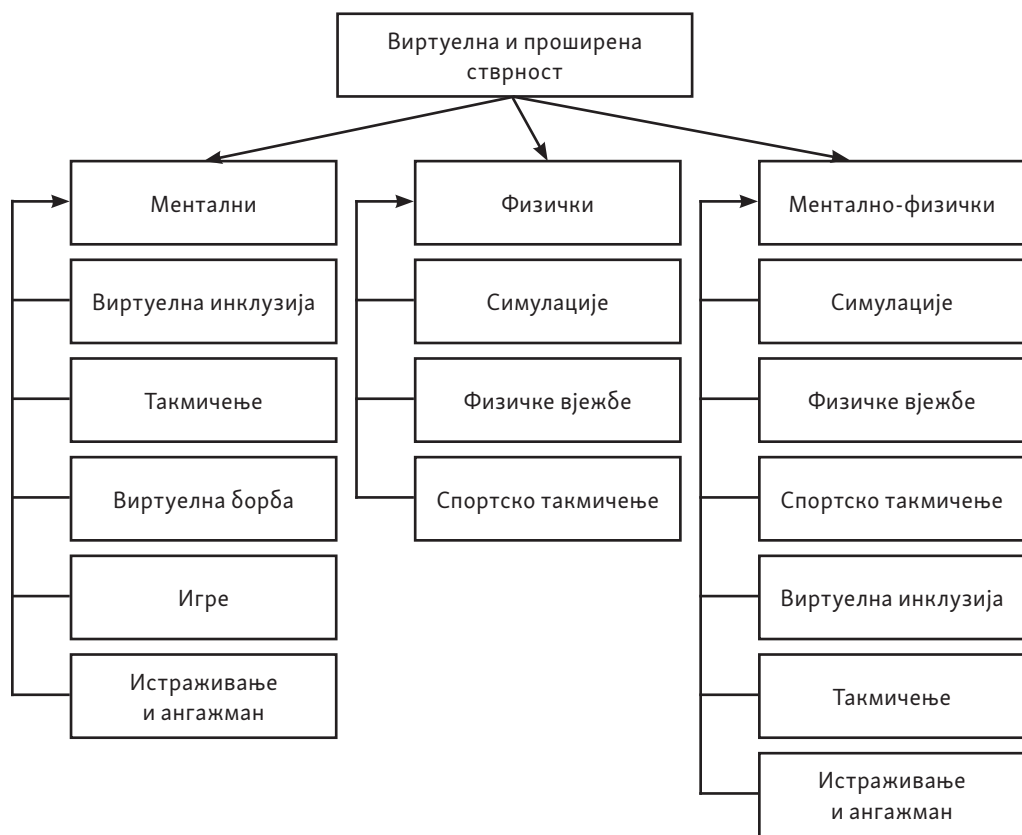
Та карактеристика од пресудне је важности за употребу проширене стварности у области образовања. Проширена стварност, на тај начин, омогућава да стицање искуства, односно интеракција човјека и окружења, буде лишена одређених просторно-материјално-временских ограничења и тиме једноставнија, ефикаснија и далеко бржа. Дигитална информација којом се

„преклапа” и проширује физикална стварност може бити копија већ неких постојећих објеката или процеса, а може бити и чисто синтетизована односно неки вид компјутерске симулације.

Разред у проширеној стварности у комбинацији са различитим дигиталним интерфејсима, које наставник може релативно једноставно и брзо модификовати чак и помоћу мобилног телефона, на тај начин постаје приручни (микро)космос учења а наставник нека врста дидактичког демијурга (Трифуновић и Петрашевић, 2021б).

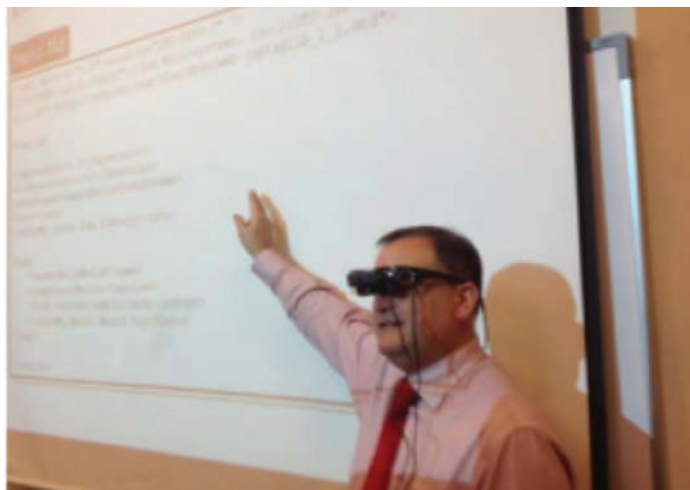
Употреба проширене стварности у наставном процесу, због релативно скупе технологије, малог броја апликација и недовољне едукације наставника и менаџмента школа, није још увијек заживјела у довољној мјери, колико је то случај нпр. у грађевинарству, дизајну или уређењу простора и индустрији видео игара. Могуће је ипак издвојити нека AR едукативна окружења која се користе дужи период Lee (2012) и која су се показала као изузетно успјешна.

SMART систем који су развили Freitas и Campos (2008) користи се у нижим разредима основне школе за објашњење градива из области Природе и

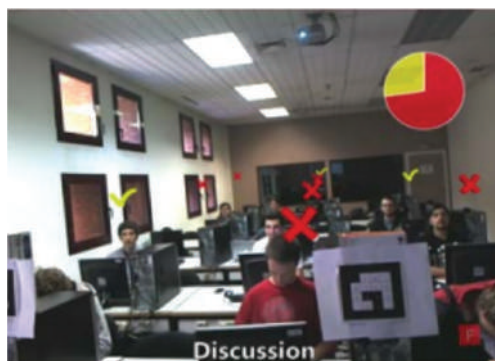
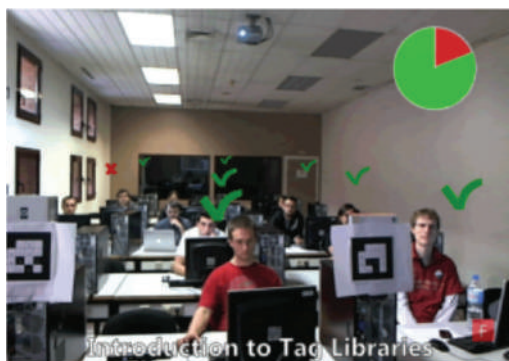


Слика 28. Могуће методе и приступи употребе AR у образовању
Извор: Агајџирано према Blazauskas & Gudoniene, 2020

друштва као што су класификација животиња или врсте саобраћајних средстава. Проширење стварности је урађено у маниру видео игрице у којој се појављују тродимензионални модели. SMART систем је показао добре резултате посебно међу осредњим и лошијим ученицима, при чему се мотивациони аспект наставе у проширеној стварности показао као кључан. У настави физике већ је дуже вријеме у употреби The Magnet App, апликација која омогућава, када се камера мобилног телефона усмјери на „стварни” магнет, да се на екрану телефона може видјети његово магнетно поље са силницима и то у три димензије. Апликација дозвољава интеракцију, тако што помјерањем камере и њеном ротацијом долази и до помјерања и ротације самог магнетног поља. Могуће је, ако се камера телефона довољно приближи магнету, да уђе унутар самог поља. Такође, постоји опција да се магнетно поље пројектује у цијели разред. Истраживања која су спровели Buesing и Cook (2013) показала су да употреба ове апликације не помаже толико у рјешавању стандардизованих тестова знања, колико је од помоћи ученицима у развијању просторног мишљења, те посебно концептуализацији пројективних релација (Трифуновић и Петрашевић, 2021а).



Слика 29. ALF систем.
Горе: Наставник у току предавања са AR уређајем
Доље: Статус појединих студената доступан наставнику путем AR наочара
Извор: Zarraonandia et al., 2013.



Један од основних интерпретативних задатака наставника у херменеутички заснованом наставном процесу јесте, између осталих и интерпретација успјешности објашњења предаваних садржаја (Марић и Трифуновић, 2014). Уколико наставник нема адекватну повратну информацију од стране ученика о томе да ли је садржај разумљен, онда изостаје наставни дијалог помоћу којег би се дошло до адекватног разумијевања и разријешења апорије. Наставник наравно, на располагању има различита дидактичка средства – од процјене говора тијела, експресије лица и очију, па до постављања конкретних питања помоћу којих настоји да утврди степен разумијевања. Међутим, ови поступци су прилично неекономични у смислу управљања временом и ритмом часа, а постоји и једна врста отпора од стране ученика да јавно постављају питања и тако јавно излажу своје неразумијевање. Тим научника са Политехничке школе Универзитета Карлос III у Мадриду имао је ту дидактичку ситуацију у виду кад је осмислио ALF (Augmented Lecture Feedback) систем, односно систем повратне наставне информације у проширеној стварности. Основна идеја која стоји иза предложеног система била је омогућити студентима да прикажу визуелне знакове који би приказивали њихов тренутни статус разумијевања наставног садржаја који се предаје, а који би само предавач могао да види кроз AR уређај (слика 29). Обзиром на приказани статус, предавач је у могућности да студентима који то захтијевају обезбиједи комуникациони канал који би им омогућио да комуницирају са предавачем на приватни и непосредни начин, а да колеге студенти то ни не примијете и не прекидају предавање (Zarraonandia et al., 2013). Аутори закључују (стр. 10) да је употребом овог система дошло до побољшања комуникације и интеракције између предавача и студената али је најизраженија корист била у томе што помаже предавачу да објашњења и темпо предавања прилагоди њиховом тренутном знању. То сугерише да би употреба система могла да помогне у побољшању ефикасности и економичности предавања, јер ће се додатна објашњења и примјери користити само ако се за то укаже потреба, односно уколико то студенти затраже.

Геонауке

У домену геонаука могућности које нуди технологија проширене стварности су такође огромне. Могуће су различите симулације попут сценарија разних природних катастрофа, глобалног загријавања, динамике и састава Сунчевог система, геолошке грађе Земље и њених појединих дијелова, картографских приказа и пројекција... Употреба проширене стварности има посебну улогу и у нижим разредима, јер омогућава да се визуелизују стања и кретања које ученицима са слабије развијеним способностима менталне ротације и визуелизације представља тешкоћу. Такође, проширена

стварност је веома инструктиван начин обраде садржаја које није могуће непосредно искушавати. Једна од таквих области у настави географије, односно астрономији јесте једна од уводних наставних јединица у географску тематику – међусобни односи планета у Сунчевом систему а посебно односи који се тичу живота на Земљи, односно посљедица Земљиних кретања. Овај дио географског образовања представља и основу даљег разумијевања климатских, биогеографских, али и друштвено-географских кретања, па је њихово правилно разумијевање заправо кључно у даљем школовању.

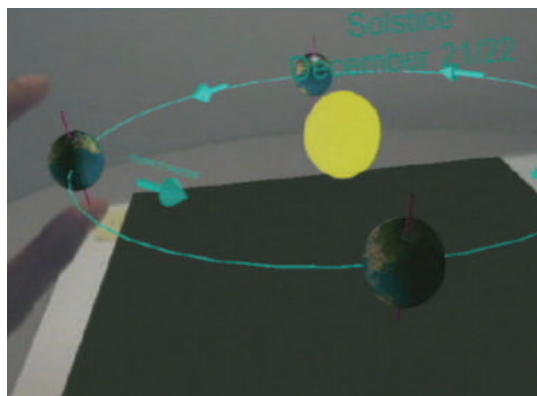
Обзиром на узраст ученика и захтијевности самог садржаја, ученици углавном имају проблеме у савладавању оваквих садржаја што је видљиво и из прегледа литературе (Kerawalla et al., 2006; Salierno, C., Edelson, D. and Bruce, S., 2005; Shelton B, Hedley N., 2002; Shelton B, 2003)

Шелтон и Хедли (2002) аутори су једног од првих радова, односно експеримената у којем је коришћена технологија проширене стварности у поучавању концепција ротације и револуције Земље, њихових карактеристичних положаја на еклиптици и посљедица које из тога произлазе. До тада су се приликом објашњења наведених феномена углавном користиле дводимензионалне текстуалне илустрације или компјутерске анимације које су такође биле у двије димензије. Старији методичари препоручивали су употребу објеката попут лопте или наранџе, те освјетљења путем лампе али на овај начин се једино могло утврдити облик и ротација али не и упадни углови сунчевих зрака и динамика свјетлости и топлоте. Овакав приступ је захтијевао и значајну способност имагинације код ученика што је отежавало објашњења.

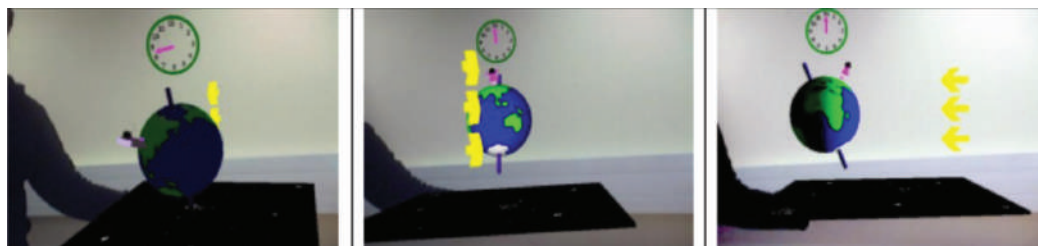
Шелтонов и Хедлијев експеримент састојао се у томе да се ученицима путем 3D наочара прикажу анимирани 3D модели Земље и Сунца у окружењу проширене стварности у циљу схватања ротације и револуције, солстиција



Слика 30. Ученик манипулише 3D моделом у окржењу проширене стварност



Слика 31. Изглед 3D модела проширене стварности кретања Земље око Сунца
Извор: Shelton и Hedley, 2002;



Слика 32. Употреба проширене стварности (виртуелно огледало) у објашњењу последица револуције Земље

Извор: Kerawalla et al., 2006, сѝр.5

и равнодневице, те сезонских промјена свјетлости и температуре сјеверне и јужне хемисфере Земље (слике 30 и 31).

Прије одржаног часа, ученици су радили тест знања да би се установио степен разумијевања наставног садржаја, а ученици су тестирани и послије. Дан касније организована је дискусија у којој су ученици могли да кажу своје мишљење и постављају питања. На основу ових тестова и дискусије аутори (стр. 8–9) закључују да проширена стварност представља ефикасно средство помоћу којег се ученицима пружа флексибилност за испитивање и истраживање саставних дијелова система Сунце-Земља као што су клима, положај Земље на Еклиптици, упадни углови, ротација и револуција. Шелтон и Хедли наглашавају да су открили значајно опште побољшање разумијевања ученика након часа одржаног у окружењу проширене стварности, као и смањење недоумица и неразумијевања код ученика. Оно што је посебно важно приликом употребе система проширене стварности јесте учење по властитом ритму, односно чињеница да је учење сложених просторних појава уско повезано са могућношћу да ученици могу контролисати темпо манипулације виртуелним 3D објектима. Употреба проширене стварности не мијења само начин на који се наставни садржај предаје. Према Шелтону и Хедлију она може фундаментално промијенити начин на који се садржај разумијева.

Истраживање слично претходном, с тим што је технологија проширене стварности примијењена у разредима са дјецом нижег основношколског узраста (десетогодишњаци) урађено је на Одсјеку за информатику Универзитета у Сасексу у Великој Британији (Kerawalla et al., 2006).

У овој студији учествовало је 133 ученика узраста од 9 до 10 година и њихови наставници из пет лондонских школа. Фокус студије су били наставници и њихова искуства у раду како са традиционалним методама, тако и са окружењем проширене стварности. Наставна тема је била, као и у претходном случају, Земља и њена кретања, те однос Земље, Сунца и Мјесеца (слика 32). Часови су снимани, потом је вршен интервју са наставницима и на крају је урађена анализа самог експеримента. Ефекат проширене стварности је постигнут помоћу тзв. интерфејса виртуелног огледала који не захтијева

скупе 3D визире, што је и логично обзиром на број учесника у експерименту. Иначе, овај систем се добија тако што се интегришу интерактивна табла, веб камера, пројектор и наравно софтвер за проширену стварност – у овом случају ARToolkit (Darrell et al., 1998).

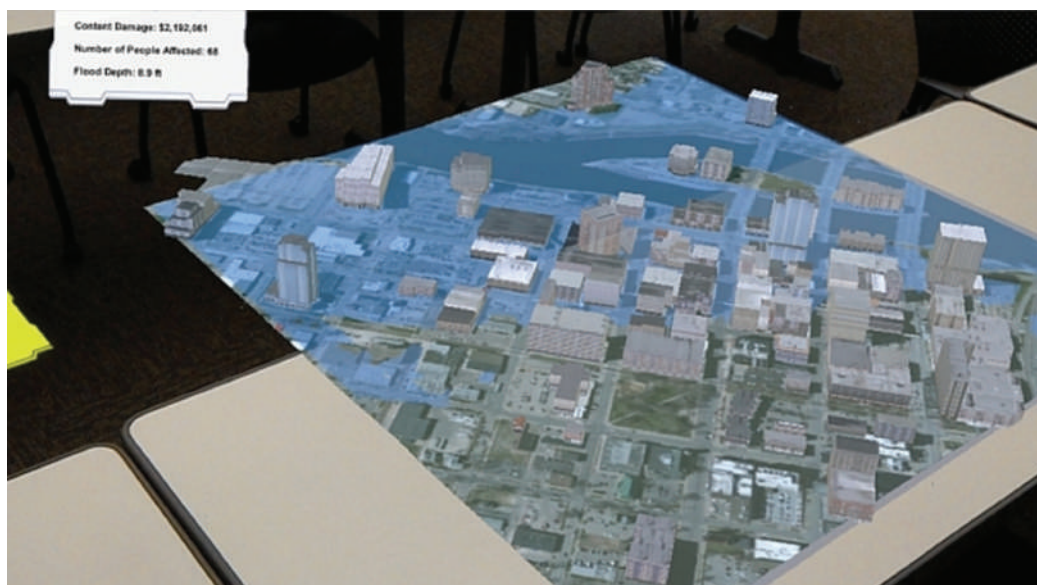
Аутори студије наглашавају да су интервјуисани наставници препознали потенцијал ове технологије, али сматрају да употреба проширене стварности треба бити флексибилнија у смислу могућности успоравања појединих секвенци, додавања и одузимања елемената презентације итд. Њихови закључци се умногоме поклапају са резултатима до којих су дошли Шелтон и Хедли, а то је да садражји који се проучавају путем проширене стварности у нижим разредима основних школа морају бити:

- Флексибилни како би га наставници могли прилагодити потребама поједине дјече. Требало би бити могуће додавати и уклањати елементе и мијењати брзину анимација.
- Прилагођени ученицима како би они могли бити у стању да их сами истражују и контролишу у циљу повећања ефикасности процеса учења.
- Адаптирани природи и ограничењима који сваки школски институционализовани систем носи са собом (2006, стр. 18).

Осим стандардних географских садржаја који се изучавају у основним школама, могућности едукативне употребе проширене стварности у пољу геонаука сваким даном су све актуелније обзиром на глобалне проблеме и потребе да се они изучавају и рјешавају.

Таква једна апликација која ради у окружењу проширене стварности јесте и *HoloFlood* (Demir et al., 2018; Sermet and Demir, 2020) која симулише различите сценарије, било да се ради о прогнозама могућих поплава, њиховом тренутном праћењу или реконструкцији већ догођених. Ова апликација је урађена тако да пружа могућности праћења и процјене евентуалне структурне и друге штете од поплава, а наравно прати и упозорава на угрожени дио популације (слика 33). Научници, доносиоци одлука, хитне службе и заинтересоване стране могу користити ову апликацију да испитају начине на које би градско подручје било погођено различитим врстама поплава, те да на основу добијених података донесу кључне одлуке. Употребом ове апликације могуће је планирати најефикасније кораке за заштиту али и управљање кризним ситуацијама изазваним све чешћим поплавама. Апликација је углавном дизајнирана за употребу са прозирним екранима као што су Microsoft HoloLens, а намијењена је за паметне телефоне са могућностима проширене стварности.

Сумирајући педагошко-филозофско-дидактичких бенефите које



Слика 33. Симулација поплаве путем AR система HoloFlood суперпонирана преко радног стола
Извор: Demir et al., 2018

употреба проширене стварности доноси у област образовања Бауер и сарадници (2014) у својој анализи издвајају неколико кључних сегмената:

- Конструктивистичко учење – коришћењем проширене стварности на начин који подстиче ученике да се дубље баве задацима, концептима и ресурсима. Ученици могу успоставити дубоке и трајне везе у оквиру своје базе знања.
- Амбијентално, односно ситуационо учење – аутентично и контекстуализовано учење омогућено је уграђивањем образовних искустава у реално окружење и уношењем стварног свијета у учионицу.
- Учење засновано на играма – системи проширене стварности могу се користити за олакшавање учења стварањем дигиталног наратива, постављањем ученика у одређену улогу, пружањем аутентичних извора и уграђивањем контекстуално релевантних информација. Кориштење система проширене стварности у којем се играју игре често може поједноставити и олакшати пренос потребних знања и вјештина.
- Учење путем откривања. Овај начин учења у окружењу проширене стварности првенствено се организује у виду виртуелних модела који се „постављају” у физикалну стварност. Будући да се тим моделима

релативно лако манипулише могуће је креирање различитих сценарија одвијања проучаваног процеса. Такође, прилично је једноставно и добијање, те анализа информација које су релевантне за тему која се истражује.

Истраживачки приоритети и правци даљег развоја у домену технологије проширене стварности

Даља истраживања и примјена проширене стварности у будућности зависи од позиција самих истраживача, односно интереса који та истраживања воде. Интереси који су повезани са маркетиншком примјеном посебно мобилне проширене стварности, не поклапају се са интересима академске заједнице или страна које долазе из области образовања или медицине. Такође, интереси водећих произвођача хардверске и софтверске опреме у домену технологије проширене стварности не подударају се увијек са осталим интересним групама. Лиао (Liao, 2019) области будућних истраживања уређаја, софтвера и корисника у домену проширене стварности дијели на три различита нивоа: микро, мезо и макро.

Тако нпр. истиче се да у истраживању уређаја микро ниво представља истраживање ефикасности примјене конкретног производа (Гугл наочара) док би се мезо ниво односио на истраживање у оквиру „породице” таквих уређаја (различитих форми екрана са монтажом на главу). Макро ниво би, пак, подразумијевао истраживања цјелокупног система који омогућава да такав уређај функционише у окружењу проширене стварности.

Посматрано методолошки, овај приступ заиста има оправдане разлоге, пошто се води принципом увезивања дијелова (микро) и цјелине (мезо и макро) ниво. Међутим, за наше потребе сагледавања једне опште слике могућег развоја AR, овакав приступ иде превише у детаље и ширину.

С друге стране имамо анализе будућних приоритета у истраживањима и развоју проширене стварности које се фокусирају на најважније циљеве које ова технологија треба да испуни у догледној будућности. Таква је анализа коју су урадили Челткин и сарадници (2020) и која се фокусира на уређаје за приказивање, степен уроњености и интеракције и примјену технологије проширене стварности у друштвеним истраживањима. Што се тиче екрана и других уређаја за визуелизацију наведени аутори сматрају да истраживање и развој треба да иде у правцу остваривања:

- Већа густина екрана (пиксели по јединици површине), резолуција екрана (укупан број пиксела на приказ) и брзина кадрова (више сличица у секунди/fps);

- Ефикасније технике приказивања засноване на истраживању људских фактора (нпр. *адаптивно приказивање* које не угрожава перцептивни квалитет. Будући AR уређаји са праћењем кретања очију (eye tracking) могу омогућити побољшано управљање визуелним квалитетом, реализмом приказа прилагођавањем потребног нивоа детаљности посматране појаве или процеса.
- Ефикасност визуелног приказа са собом доноси и нова/стара питања и изазове попут проблема генерализације картографских садржаја помоћу техника филтрирања и маскирања. Потреба за овим техникама отвара и друштвене проблеме везане за легитимацију посљедица промјене доживљаја стварности и психолошке, политичке и етичке одговорности у вези с тим.

У погледу друге категорије, дакле степена интерактивности и уроњености Челткин и сарадници (2020, стр. 10) дају сљедеће приоритете:

- Прецизније праћење контролних уређаја и инерционе навигације која се користи у опреми за виртуелну и проширену стварности;
- Интуитивнији уређаји за управљање засновани на истраживањима стварних људских потреба у циљу повећавања њихове корисности и употребљивости за тачно одређене задатке и кориснике;
- Управљање и навигација која би се, уз помоћ вјештачке интелигенције и нових рјешења, догађала без посебних уређаја (нпр. праћењем покрета руку, препознавањем гестова или праћења кретања погледа);
- Више алата за употребу у групама. Тренутни системи углавном садрже алате за једног корисника. Треба осмислити и примјенити више алата како би се омогућила сарадничка употреба у оквиру виртуелне и проширене стварности;
- Стварање хардвера и софтвера, базираних на резултатима истраживања људских фактора, који подржавају ментално ураћање и присуство.

Једна од области истраживања која остаје изван домена комерцијалног приступа у области развоја проширене стварности јесте и истраживање корисничког искуства приликом коришћења AR. Челткин и сарадници (2020) се залажу за креирање софистицираних, циљаних и подесивих алата на основу којих би се на релативно једноставан начин могла посматрати динамика

односа окружења проширене стварности и корисника. Овај правац истраживања представља, у ствари, основу свих осталих развојних пројеката, јер без повратне информације од стране крајњег корисника, а која би била релативно брза и лако доступна, није рационално улагати у AR пројекте.

Пјешчани модел проширене стварности

Развој

У суштини, пјешчани модел проширене стварности развијен је и као концепт и као уређај још 2011. године у Холандији од стране групе *Monobanda*. Монобанда је заправо фондација чија је основна функција рад на пројектима који имају за циљ креативно изражавање личности и истраживање смислене људске интеракције која се догађа кроз игру у простору између



Слика 35. Игра Mimicry, групе Monobanda из Холандије
Извор: <https://monobanda.eu/project/mimicry>



Слика 36. Интерактивни кинект пјешчаник

Извор: <http://cs.sandystation.cz>

виртуелне и физикалне стварности (<https://monobanda.eu/about>). У склопу те визије људи из Монобанде су осмислили игру *Mimicry* која се игра истовремено на екрану и у „виртуелном” сандуку са пијеском. Игра је осмишљена за четири играча и сценарио се састоји од обичне „потјере” у којој играчи настоје да ухвате један другог, али оно што је необично јесте то што се игра са екрана компјутера може паралелно играти и на виртуелизованом пјешчаном моделу који мијења боје пијеска како се играчи крећу у њему.

На овај начин, заправо, је извршено дигитално проширење сандука са пијеском, што је био иницијални корак ка развијању потпуно функционалног пјешчаног модела. Други корак дошао је из Чешке републике, пар мјесеци касније, гдје је на једној конференцији за популаризацију науке приказан уређај под називом *Interaktivní Kinect pískoviště* (Интерактивни кинект пјешчаник).

Надоградња основног *Mimicry* концепта првенствено се односила на програмирање софтвера за дигитални приказ једноставнијих функција тока воде у рељефу пјешчаног модела.

У склопу мултидисциплинарног пројекта названог *LakeViz3D* финансираног од стране америчке Националне фондације за науку (Science Foundation – NSF) током 2011. године изграђен је, те програмски и функционално довршен пјешчани модел проширене стварности онакав каквог га данас познајемо. Прототип је направљен у Центру за активну визуелизацију у наукама о Земљи (Center for Active Visualization in Earth Science – KeskCAVES) под руководством Питера Голда (Peter Gold) са департмана за геологију Универзитета Дејвис у Калифорнији (Reed et al., 2016). Основни софтвер је био (и остао) већ помињани виртуелни кориснички интерфејс VR Toolkit и програм за рад са кинект камером Kinect 3D video. Заслуга тима са Универзитета Дејвис била је у томе што су развили софтвер за дигитално проширење, односно синхронизацију дигиталног пројектованог садржаја са промјенама рељефног облика у виду изохипси, те додатних ефеката виртуелне кише, поплаве и суше. Извршена је интеграција система са упутствима за изградњу, инсталацију софтвера те калибрацију камере и пројектора. Пројектовање боја и изохипса, односно топографске карте на површину пијеска урађено је уз помоћ професора Вурака Ђикилмаза тадашњег постдокторанта на калифорнијском Универзитету Дејвис. На тај начин пјешчани модел проширене стварности, не само да је испунио замишљени циљ пројекта – да буде наставно средство приликом едукације о разним хидролошким темама, него је постао веома ефикасан дидактички модел за поучавање и популаризацију различитих концепција у науци, наравно првенствено у оквиру геонаука. Први модел представљен је 2012. године.

Основне компоненте пјешчаног модела проширене стварности

Рачунар

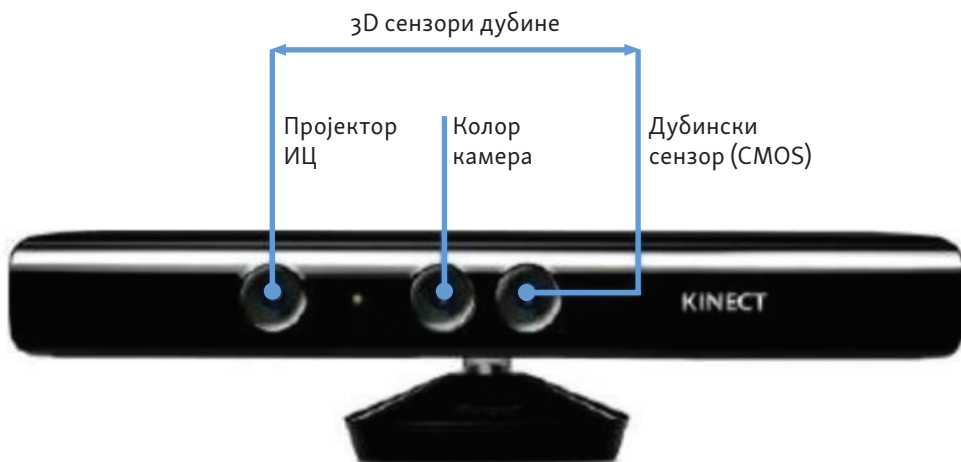
Што се тиче хардвера (видјети табелу бр. 2), прецизније компјутера помоћу којег би се покретао пјешчани модел, није потребна нека специјална конфигурација. Обзиром на то да је најважнији дио, који треба да се процесуира у ствари, дигитални приказ боја, изолинија и различитих функција воде, квалитетна графичка картица је најзахтијевнији дио хардверског пакета. Оливер Крејлос, водитељ програма у вези пјешчаног модела проширене стварности на Универзитету Дејвис, препоручује да се користи десктоп, а не лаптоп рачунар, што због цијене а више због тога што се у већини лаптоп рачунара користи тзв. Nvidia Optimus технологија развијена у циљу смањења потрошње енергије. Проблем је што ова технологија није у потпуности компатибилна са Linux оперативним системом под којим, заправо, ради софтверски пакет за пјешчани модел проширене стварности (Linux Mint са Mate десктопом).

Препоручена графичка картица је Nvidia GeForce GTX 1060. Према томе, пјешчани модел AR не ради под MS Windows, нити се покреће из виртуелне машине, него захтијева или рачунар искључиво са Linuxом или подешавање са двоструким покретањем са Linux и Windows. Препорука је да компјутер има квалитетнији централни процесор (Intel i5 или i7 језгро) који ради минимално на 3 GHz, док RAM меморија, нити хард диск нису толико захтијевни. Довољан је диск од 20 GB и RAM од 4 GB (Kreylos, 2016).

Кинект камера

Улогу сензора у хардверском склопу пјешчаног модела има *Microsoft Kinect* 3D камера (слика 37) која је првобитно развијена 2010. године у склопу микро-софтове конзоле Xbox 360 (а 2013. и у оквиру Xbox one конзоле) у циљу елиминисања потребе да се игром управља рукама путем различитих контролера. Уређај ради на принципу тзв. дубинске детекције и састоји од 3 главна дијела помоћу којих се детектује положај и кретање тијела, док се истовремено креира слика на екрану. Кинект има двије камере – једна је RGB видео камера, а друга је у ствари инфрацрвени сензор дубине који садржи монохроматски сензор активних пиксела (CMOS сензор) и инфрацрвени пројектор који помаже у стварању 3D слика у цијелој просторији. Такође, кинект мјери удаљеност сваке тачке тијела играча тако што емитује инфрацрвено свијетло мјерећи вријеме рефлексије.

RGB видео камера резолуцију 640×480 пиксела и брзину кадрова од 30 fps. Она омогућава препознавање лица и тијела, односно објеката. Трећа компонента кинекта јесте микрофон који је заправо састављен од четири микрофона који могу изоловати гласове играча од других позадинских



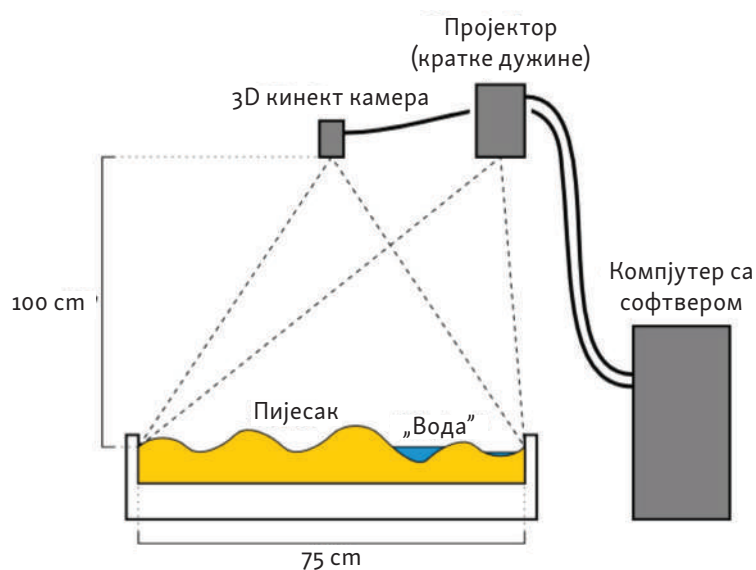
Слика 37 Сензори дубине на Кинект камери за Xbox 360
Извор: Адаптирано према Islam et al., 2018

звукова, омогућавајући играчима да користе своје гласове као додатну контролну функцију.

Пјешчани модел проширене стварности, односно Kinect 3D видео пакет (софтвер за управљање кинект камером) подржава три модела кинекта (кинект за Xbox 1414 и 1473, те кинект за Windows).

Пројектор

Приликом избора пројектора потребно је водити рачуна о неколико ствари. Као прво, пројектор мора имати могућност дигиталне конекције путем HDMI или DVI конектора са графичком картицом. Аналогна веза путем VGA порта на пројектору, доводи до погоршања квалитета слике и може проузроковати погрешно поравнање између пројектоване слике и површине пијеска што онемогућава рад на пјешчаном моделу. Као друго, приликом инсталације пјешчаног модела нужно је извршити подешавања, односно калибрацију пројектора и камере. Ово подешавање је много једноставније уколико су кинект и пројектор смјештени у истој равни изнад сандука са пијеском. Да би то било могуће пројектор треба при максималном зуму моћи покривати видно поље кинект камере. Пројектори који имају кратку дужину пројектоване зраке (тзв. short throw) и чији је изворни омјер слике (aprest ratio) 4:3 омогућавају управо такву конфигурацију. Омјер слике одговара омјеру сандука са пијеском који је такође 4:3, односно један метар дужине и 0,75m ширине. Потребна резолуција пројектора, обзиром на то да је максимална резолуција кинект камере 640×480 пиксела, је у овом случају споредна па је тзв. XGA (1024×768) сасвим довољна.



Слика 38. Монтажа кинект камере и пројектора

Извор: Агајширано
према Kreylos, 2016.

Још једна битна ставка у вези избора пројектора јесте начин центрирања пројектоване слике у односу на хоризонталну раван сочива пројектора. У понуди се налазе два начина – централнолинијски (пројекција је у центру равни) и пројектовање изнад централне линије (доња ивица пројекције је изнад централне равни). За пјешчани модел би наравно централнолинијски пројектор кратког бацања био идеалан, јер би се могао монтирати изнад камере. Међутим, такви пројектори су прилично ријетки и скупи, па се препоручује (Kreylos, 2016) употреба пројектора са пројекцијом изнад централне линије који се онда монтира тако да му сочиво дође изнад задње (шире) ивице сандука са пијеском, а кинект камера треба да буде на средини сандука у истој хоризонталној равни са пројектором. Оба уређаја требају бити на висини од једног метра. На тај начин ће се добити укупна конфигурација цијелог уређаја 4:3 – омјер пројектовања, висина монтаже и димензије сандука са пијеском (слика 38).

Креатори пјечаног модела AR Генерално препоручују модел BenQ MX631ST пројектор са пројекцијом изнад централне равни, са кратком дужином пројектоване зраке, контрастом 13.000:1 и 3.200 лумена.

Ради прегледности и лакшег сналажења потребне компоненте за изградњу пјешчаног модела проширене стварности према упутствима Оливера Крејлоса (Kreylos, 2016) дати су у табели бр. 2.

Табела 2. Списак потребних компоненти за изградњу пјешчаног модела AR

	Компонента
1.	Компјутер: • RAM: 4GB је довољно за покретање AR Sandbox софтвера • Хард диск: 20GB је довољно за инсталацију Linuxa и осталог софтвера • Графичка карта: Nvidia GeForce GTX 1060 или боља због симулације воде која не ради ако је графика слабија од GeForce GTX 970
2.	Microsoft Kinect 3D камера: • Kinect-за Xbox 1414 или 1473, Kinect за Windows и Kinect за Xbox One • Поддршка за другу генерацију Kinecta за Windows v2 је у експерименталној фази)
3.	Дигитални видео пројектор: • Идеално би било да пројектор буде у размјеру 4:3 (кратке пројекције) да би био компатибилан са кинект камером • Сама резолуција пројектора није толико битна. Може нпр. XGA (1024×768 пиксела) јер камера кинект ради на 640 × 480. • Идеални пројектор би био са централним пројектовањем, али сасвим је функционална и варијанта са пројектором пројекције изнад централне линије при чему се кинект камера монтира изнад бокса у централни положај, а пројектор изнад дуже странице сандука са пијеском • Строго се препоручује да се пројектор повеже на PC путем дигиталне видео конекције преко HDMI порта са HDMI или DVI портом на графичкој карти

	Компонента
4.	Сандук са пијеском • Облик (дужине страна) треба бити 4:3 у складу са пројектором и кинектом. • Предлаже се сандук величине 1 m × 0,75 m, па се кинект камера и монтира на висину од једног метра • Дубина треба бити 25 cm • Потребно је сандук лакирати изнутра због влажности пијеска.
5.	Пијесак • Напуњено до висине од 10 cm или око 100 килограма пијеска. • Уколико је могуће набавити бијели пијесак за игру (Sandtastik Sparkling White Play Sand) • Може и обични пијесак али га треба опрати и сушити. • Додати 0,25 l воде на 100 kg пијеска ради повећања пластичности и лакшег рада приликом прављења облика рељефа.

Просторно мишљење у окружењу пјешчаног модела проширене стварности

Важност просторног мишљења у савременом образовању

Просторно мишљење већ се етаблирало у као једна од најважнијих области теоријског и експериментално-лабораторијског истраживања. Неке од најважнијих институција специјализованих за истраживање и развој просторног мишљења налазе се у САД-у. Ова држава и јесте најдаље одмакла у истраживању просторног мишљења, развоју едукативних материјала и његовом увођењу у курикулуме свих нивоа образовања. Постоји веома добра сарадња истраживача, едукатора и институција које креирају и усмјеравају образовну политику. Овдје ћемо издвојити неке од познатијих институција: Центар за просторне студије Универзитета у Калифорнији у оквиру којег ради и Лабораторија за просторно мишљење, Центар за учење и просторну интелигенцију (SILC), Лабораторија за просторну и картографску когницију Универзитета Орегон, Центар за геопросторну аналитику Универзитета у Сјеверној Каролини... (Трифуновић, 2018).

Најзначајнија истраживања из области просторне когниције (O'Keefe, 1999; Moser, E. I., & Moser, M. B., 2008a; Moser E.I., Kropff E, Moser M-B., 2008b) како наводи Трифуновић (2020в) показују да просторно мишљење, као једна специјализована когнитивна диспозиција, представља базу за развој компетенција у већини математичко техничких и посебно геонаука, које увезане у ствари и сачињавају суштину развоја и примјене технологије проширене стварности, а посебно пјешчаног модела AR. Голиц (Golledge, 2002) наводи резултате мултидисциплинарних истраживања психолога и географа као што су Бек и Утал (Beck 1967; Uttal, 2000) који недвосмислено показују да начин на који се у оквиру геопросторних наука схвата и представља просторност, чине основу просторног мишљења уопште. Полазећи са становишта структуре савремене техничке цивилизације и

њених потреба, тенденције у образовном систему указују на то да ће просторно мишљење, посебно кроз STEM дисциплине, убрзо постати основа едукације. Новчани индикатори улагања према подацима изнесеним на сајту *Образовне технологије* (Rogers, 2009) показују да је Велика Британија у буџету за 2018. годину за истраживања у оквиру STEM едукације издвојила 300 милиона фунти, док је фонд часова за ту врсту образовања повећан за 50 процената у односу на протекли период. Подаци показују да је издвојено и додатних 320 милиона фунти за отварање нових бесплатних школа које би требале радити према програмима посебно осмишљеним за STEM групу предмета. Иако су ови подаци заиста вриједни пажње, шта рећи на чак 350 милијарди долара које америчке корпорације попут AT&T, IBM, JP Morgan, SAP, Chevron, Ford, Intel, Google, Boeing, Verizon, Goldman Sachs, Microsoft, Target, Facebook и других уложе сваке године у образовни сектор и то већином опет у наведену област STEM-а! Обзиром да пројекције показују да је глобалној економији до 2020. године недостајало око 85 милиона радника, претежно у домену технике базиране на математичко-инжињерским компетенцијама, циљеви ових компанија су јасни. Ради се, заправо, о улагању без којег наведене мултинационалне компаније нису у стању нити одржати постојећи ниво пословања, а још мање мислити на будући развој. Утицај економије на креирање образовне политике више је него очигледан кад се погледа и бројност студената који се одлучују за неки од студија из области STEM-а. Њихов број у САД порастао је готово за дупло у декади од 2003. до 2013. године – са 273.000 на 527.000 (Трифуновић, 2020).

Све ово добија још више на значају када се у обзир узму и недавни проблеми у организацији наставног процеса изазвани епидемијом COVID 19 вируса и прелазак на наставу на даљину, те трендови опште дигитализације (Трифуновић и Петрашевић, 2021а).

Истичући важност тзв. људског капитала у савременом друштву, Дејвид Лубински (како наводи Трифуновић, 2018) представио је резултате истраживања његовог тима са Вандербилтовог универзитета са *Одсјека за образовање и хумани развој* ријечима да креативност, посебно у домену просторног мишљења, има аналогну вриједности валуте. Наведена „валута” од посебног је значаја у оквиру тзв. STEM дисциплина. Рано откривање дјеце посебно надарене у способности просторног мишљења има огромну важност у усмјеравању њихове каријере управо у наведене области научног дјеловања. Користећи податке студије из касних седамдесетих година прошлог вијека, Лубински и његов тим пратили су развој 536 испитника који су тада постигли изврсне резултате на SAT тесту (тест просторних способности). Ова студија показује да изузетно развијене способности просторног

мишљења дјецe у узрасту од тринаест година могу прецизно предвидјети успјешну и креативну научну каријеру тридесет година касније. Џек Денџермон (Dangermond, 2017), оснивач компаније ЕСРИ, у чланку под називом *Просторно мишљење је фундаментално* истиче кључну вриједност просторног мишљења у еволутивним процесима кроз које је прошла људска врста. И не само то, вриједност просторног мишљења, сматра Денџермон, развојем нових технологија, односно „алата” као што је ГИС, постаје све већа, а вјештине попут просторне анализе и графичког представљања просторних података незамјењиве. Било да се ради о свакодневном кретању, путовањима – сналажењу у простору, склапању појединих дијелова мапе или више сложених механизма, конструкцији одређених склопова, анализи и планирању датих просторних цјелина, архитектонским пројектима, рјешавању школских задатака...свугдје је присутан захтијев за ангажманом просторног мишљења (Трифуновић, 2020в).

Већ откривени и документовани трансфер знања (Gersmehl, 2008) у области просторног мишљења, који се догађа између геонаука и других STEM дисциплина, појавом технологије проширене стварности, као што је пјешчани модел, може бити још израженији, а његови ефекти далекосежнији.

Да адекватна употреба пјешчаног модела подстиче развој просторног мишљења показују бројне студије које су на једном мјесту издвојили Јотам и Тверски (2020) (табела бр. 3).

Велика већина ових истраживања показује да дидатички, психолошки и методички адекватно планирана и изведена употреба пјешчаног модела проширене стварности позитивно утиче на постигнућа у домену просторног мишљења. У даљем тексту биће укратко приказани резултати једног веома битног истраживања у овој области (Јотам и Тверски, 2020), чији је фокус био на анализи начина на који се догађа спознаја у оквиру сарадничког рада на пјешчаном моделу проширене стварности. То је, по нашем мишљењу, један од кључних аспеката примјене ове врсте проширене стварности, јер је наведено истраживање показало важност заједничког уочавања проблема, те међусобне размјене интерпретација приликом процеса анализе и доласка до заједничког рјешења.

Табела 3. Сумирање објављених истраживања о пјешчаном моделу проширене стварности

Област студија	Референца	Пресјек истраживања
Педагошка	Bandrova, Kouteva, Pashova, Savova, & Marinova, (2015) Savova (2016)	Објашњава концептуални оквир који се може примјенити на развој курикулума и активности користећи AR Sandbox.

Област студија	Референца	Пресјек истраживања
Емпиријска, базирана на самоевалуацији студента (као и посматрањима из студије Darley et al. 2017).	Sánchez, Martín, Gimeno-González, Martín-García, Almaraz-Menéndez, & Ruiz, (2016) Kundu, Muhammad, & Sattar, (2017) Woods, Reed, Hsi, Woods, & Woods et al. (2016)	Фокусира се на технолошка својства пјешчаног модела AR у образовању. Испитивана је перцепција ученика о ефикасности пјешчаног модела и разлозима те ефикасности.
Емпиријска, базирана на резултатима.	Vaughan, Vaughan, & Seeley, (2017) Darley, Tavares, Costa, Collares, & Terra, (2017) Afrooz, Ballal, & Pettit (2018) Richardson, Sammons, & Delparte, (2018) Evans, Fleming, & Drennan (2018) Giorgis et al. (2017)	Испитано ученичко ангажовање и њихово опажено учење. Истраживани различити аспекти корисничког искуства. Коришћени онлајн упитници за мјерење употребљивости, доношења одлука, давања приоритета дизајнерским интервенцијама и преговарања о идејама међу корисницима. Испитиван утицај употребе пјешчаног модела како би се утврдио његов утицај на разумијевање топографске карте, укључујући менталну ротацију. Истраживане врсте просторног мишљења при коришћењу пјешчаног модела AR. Испитиване су разлике у картографским вјештинама у случају кад се користи пјешчани модел у односу на изостанак његове употребе.

Извор: Yotam & Twersky, 2020

Наведено истраживање, дакле, имало је за циљ да открије да ли постоје разлике у степену активације и врстама просторног мишљења приликом групног рада на пјешчаном моделу проширене стварности, те каква је њихова природа. Прво је група студената радила без укљученог пјешчаног модела на проблему који захтијева картографске вјештине и различите облике анализе и синтезе и просторне визуелизације, а потом је рађено поново у окружењу проширене стварности. Ова димензија колаборативног рада која подразумева размјену мишљења и увида у просторне односе, веома је битна за адекватну употребу пјешчаног модела проширене стварности јер он по својим димензијама, структури, функцијама и

могућностима, у ствари и функционише најефикасније у оваквом моду-су рада.

Резултати истраживања

Рад без функције дигиталног окружења показао је да за рјешење задатка студенти требају моћи визуелизовати просторне облике, њихове нагибе и сликове. Већини чланова групе то није било могуће, па је задатак остао неријешен или је ријешен тек половично. Врсте просторног мишљења (пре-ма класификацији Њукомб и Шипли – видјети табелу број 5) биле су углав-ном интринзичне, дакле везане за карактеристике појединачних обје-ката и статичне. То значи да није било увиђања односа између појединих објеката и процеса, него само у оквиру једног објекта или процеса (Јотам и Тверски, 2020).

Кад је укључено дигитално окружење дошло је до значајних промјена у начинима на који су студенти приступили раду али и у њиховим когни-тивним процесима. Приликом рјешавања задатака студенти су се много више кретали и гестикulierали и што је веома важно, више су дискутовали о могућим рјешењима. Размјена њихових интерпретација била је најактивни-ја приликом разумијевања односа између дводимензионалног приказа на екрану монитора и тродимензионалног рељефног облика са пројектованим изохипсама. Том приликом уочена су два типа просторног мишљења – уну-трашње и вањско динамично просторно мишљење помоћу којег је успоста-вљена релација између изгледа топографије у њеној 2D представи са њеном 3D представом на пијеску.

Анализа резултата показује да просторна когниција у оквиру колабора-тивног рада на пјешчаном моделу проширене стварности доприноси:

1. Бржем и ефикаснијем схватању просторних релација, нарочито ако се пјешчани модел са укљученим дигиталним објектом комбинује са монитором. При томе је уочено да се радом на пјешчаном моделу већином употребљавају сложенији просторни концепти и више когни-тивно-просторне способности–екстринзично динамично просторно мишљење које долази уз много више геста и кретања. Дакле, пјешчани модел проширене стварности захтијева и подстиче утјеловљену ког-ницију о чему ће више бити ријечи касније.
2. Ефикаснијем рјешавању нејасноћа и недоумица које се појављу-ју у оквиру групе. Примјећено је да пјешчани модел због олакшане манипулације, једноставног укључивања и заустављања дигиталног

приказа, брзог прилагођавања промјени облика итд. омогућава да се већина чланова групе може фокусирати на уочени проблем, дискутовати о њему, ријешити га а потом наставити даље да раде гдје су прекинули.

3. С друге стране, побројане карактеристике пјешчаног модела проширене стварности омогућавају да чланови групе раде појединачано али да је њихов рад, у ствари, једна цјелина пошто их повезује заједничка тема–проблем (Јотам и Тверски, 2020).

Дефинисање просторног мишљења

У литератури не постоји сагласност у погледу формалног одређења просторног мишљења. Са концептуалног становишта област просторног мишљења сврстава се под различите називе као што су просторна писменост (spatial literacy), просторна способност (spatial ability), просторна интелигенција (spatial intelligence) или географско резоновање (geographical reasoning) (Трифуновић, 2020а). У погледу дефинисања компонената и процеса просторног мишљења ситуација је још сложенија. Полазећи од просторне способности, као у науци најзаступљенијег терминолошког еквивалента феномена просторног мишљења, није могуће дати адекватан одговор на то питање. Наведена синтагма првенствено се односи на евалуацију постигнућа из области, како то наглашавају Пијаже и Инхелдер (1968) пројективне просторности, менталне операције промјене перспективе. Мекги (1979) сматра да просторна способност има двије главне карактеристике – просторна визуелизација (способност да се врше апстрактне манипулације, ротације и инверзије дводимензионалних и тродимензионалних представа) и просторна оријентација (способност замишљања одређених елемената у различитим перспективама). Ломан (1979) уводи и трећу компоненту просторног мишљења – просторну релацију – која се односи и на способност анализе облика, размјештаја, хијерархије и веза међу индивидуалним карактеристикама унутар неког визуелног објекта или појаве.

Хауард Гарднер, напротив, сматра људска бића не посједују неку врсту јединствене интелигенције, него се ради о скупу релативно аутономних видова интелигенција. Гарднер то објашњава метафорично указујући да се код интелигенције не ради о некој врсти централног компјутера намијењеног за обраду свих врста података, него интелигенција функционише попут терминала чији су системи релативно аутономни једни од других. Способности „исправног” визуелног опажања свијета, трансформација и

модификација визуелних опажаја, способност посредног представљања аспеката визуелних искустава, чак и у одсуству физикалних стимулуса представљају саму срж просторне интелигенције за аутора теорије вишеструке интелигенције (како наводи Трифуновић, 2020а).

Просторна интелигенција, такође, обухвата према Гарднеровом мишљењу и способност изналажења метафора, односно откривања одређених сличности међу појавама из различитих домена. Примјери којима аутори поткрепљује овај став, између осталих, су и Фројдово метафорично представљање структуре личности као леденог бријега, Далтонов приказ атома аналогно Сунчевом систему итд. Могуће је повући и паралелу, што Гарднер и чини, између језичке и просторне интелигенције, пошто се једна за означавање и исказивање идеја и мишљења користи језиком, а друга сликом. Уколико проанализирамо све ове наведене релативно исцрпне листе карактеристика просторног мишљења могуће је издвојити њихов „подскуп” који би обухватио сљедеће категорије: концепти простора, различити видови представљања простора и оперативно комбиновање тих активности у процесу резоновања (Трифуновић, 2020а).

Концепти просторног мишљења

Будући да је мишљење у својој суштини појмовне природе, посторни концепти представљају базичну писменост у области просторне интелигенције. Схватање концепата просторности неопходан је предуслов за рјешавање сложених задатака просторног мишљења, а посебно је важно да се њихово познавање од стране ученика не узима као нешто што се само по себи подразумејева. Међутим, у литератури која тематизује ову област не постоји јединствено стајалиште нити у погледу броја, нити у погледу одређења суштине концепата простора. Важност једне овакве систематизације наглашава и Дејвид Анвин (Unwin, 2010) који сматра да је идентификација и објашњење кључних концепата просторности нужни предуслов развоја курикулума и наставних садржаја из ове области. Управо тај задатак обавио је веома успјешно Реџиналд Голиц (2002) који је подијелио концепте просторног мишљења према нивоима сложености, односно когнитивне захтијевности (табела 4) уз елаборацију појмова на практичним примјерима задатака и поступака у којима је употреба тих појмова неопходна (табела 4). Голицова листа појмова а нарочито елаборација употребе неизоставна је приликом планирања инструктивног рада на пјешчаном моделу проширене стварности гдје се од ученика захтијева углавном разумијевање сложених и компликованих појмова, посебно при раду на топографском моделовању и са картографским наставним садржајима.

Табела 4. Концепти просторног мишљења различитог нивоа тежине и поједини примјери употребе

Подјела концепата просторног мишљења према нивоима тежине				
Примитивни	Једноставни	Тешки	Компликовани	Комплексни
Идентитет Локација Магнитуда Простор- вријеме	Уређење Класа/група Смјер Дистрибуција Ивица Поредак/ секвенца Близина Релативна удаљеност Облик	Угао Ареал Центар Промјена Кластер Мрежа Раст Полигон Референтни оквир Ширење	Бафер Коридор Конективност Градијент Профил Репрезентација Ред величина Површина	Простор активности Централно мјесто Искривљење Енклава Велики кругови Интерполација Пројекција Друштвени простор Субјективни простор

Примјери појединих појмова и врсте просторног мишљења које их укључују			
Ниво	Врста	Примјер употребе	
		Појмови	Задачи
1.	Примитивни	Идентитет Локација Магнитуда Простор-вријеме	Идентификација објекта и његова класификација; Препознавање мјеста објекта или његових дијелова; Уочавање разлика у квантитету појаве; Препознавање временског развоја појаве у простору.
2.	Једноставни	Уређеност Дистрибуција Линија; Облик Поредак/секвенца	Препознати план, односно итинерер путовања; Одређење просторних граница у природним и антропогеним окружењима; Препознавање матрице одређења припадности објекта према просторним карактеристикама; Разумијевање различитих просторних структура.
3.	Тешки	Угао Полигон Координате Мрежа матрица	Препознавање модела просторне дистрибуције; Језичко објашњење руте кретања, развијање процедуре регионализације; Одређење ареала неправилних површина.

Примјери појединих појмова и врсте просторног мишљења које их укључују			
Ниво	Врста	Примјер употребе	
		Појмови	Задачи
4.	Компликовани	Бафер Конективност Градијент Профил Репрезентација Ред величина	Развијање статичког или динамичког ареала око нодуса; Процјена врсте степена довршености међусобних веза; Мјерење нагиба између два облика неједнаких висина; Креирање посебног начина представљања података.
5.	Комплексни	Интерполација Картографска пројекција Виртуелни простор Субјективни простор	Мјерење сличности између тачака, линија или површина дистрибуције појаве; Представљање сферне површине на равни; Разумијевање начина представљања виртуелних или реалних просторних окружења.

Извор: Colledge, 2002.

Комплексни појмови попут виртуелног простора, картографских пројекција, разумијевања преноса рељефности у дводимензионално поље итд. јесу они око којих је структурирана већина наставних садржаја који се обрађују помоћу пјешчаног модела проширене стварности. Ти појмови и слични едукативни садржаји биће детаљније елаборисани у плановима наставних јединица у другом дијелу књиге. На овом мјесту можемо рећи да комплексни појмови и сложене категорије просторног мишљења које се објашњавају путем проширене стварности много ефикасније и брже доводе до оне врсте учења која се назива концептуална промјена.

Основне категорије и главне компетенције просторног мишљења у окружењу проширене стварности

Посматрано уопште исти концепти могу имати и добијати различита значења, као што је то, на примјер, случај са концептима границе или мјеста који могу бити схваћени на геометријски, културолошки или онтолошки начин. Културолошко значење концепата близине и удаљености ни у ком случају се не поклапа, рецимо, са њиховим геометријским значењем (Трифуновић, 2020а). Значење које ће концепт добити зависи од интенције самог мишљења али и начина на који се мишљени садржаји повезују. Уколико се у оквиру мисаоног процеса настоји уочити каузална повезаност више појава

Табела 5. Категорије просторног мишљења које су развили Њукомби и Шипли

Типологија просторног мишљења „два напрема два”			
Категорија просторног мишљења	Компетенције везане за категорију	Примјери примјене у домену 2D	Примјери примјене у домену 3D
Унутрашње –статични	Захтијева идентификацију, опис и класификацију објеката. Укључује способност да се објекти растављају на дијелове, те да се анализирају одвојено или као дио објекта.	Особа идентификује објекат који жели да лоцира и карактерише релевантне детаље који му помажу да га класификује. На примјер, круг са неколико унутрашњих кругова класификује се као узвишење.	Особа испитује пејзаж и разликује, односно класификује објекте према њиховим карактеристикама. На примјер, два узвишења која сачињавају гребен идентификују се као планина.
Унутрашње-динамични	Подразумијева неколико међусобно повезаних способности које имају везе са предметима и њиховим трансформацијама. Једна од кључних јесте способност да се замишља трансформација предмета из 2D у 3D и обрнуто. Такође, овдје спада и способност менталне ротације, преклапања и савијања објекта и његових дијелова. Осим тога захтијева и способност визуелизације попречних и уздужних профила и пресека. Коначно, ова способност укључује и имагинацију промјена објекта и процеса током времена.	Особа посматра круг са неколико унутрашњих кругова (нпр. изохипсе) и визуелизује га као тродимензионални рељефни облик.	Особа може да визуелизује трансформацију објекта којег види. На примјер, може да замисли наставак неког рељефног облика без да га види у цјелини.

и објеката, онда ће у том процесу бити употребљени и пригодни појмови. То важи и наравно за супротан случај, када се анализира само један објекат, без анализе његовог окружења. Типологију просторног мишљења која води рачуна о категоријама процеса мишљења направили су Њукомби и Шипли (2015) и она се састоји од четири врсте просторног мишљења. Категоризација је извршена по основу два пара критеријума: статичност-динамичност и

Типологија просторног мишљења „два напрема два“			
Категорија просторног мишљења	Компетенције везане за категорију	Примјери примјене у домену 2D	Примјери примјене у домену 3D
Вањско-статични	Захтијева описивање локације објеката и њихов положај у односу на друге објекте и властити положај у простору. Ова способност омогућава различите врсте поређења. На примјер, поређење размјера и релативних величина објеката. Другим ријечима, ова способност омогућава представљање међусобних односа појава и објеката нпр. на картама. Наведена способност омогућава разумијевање нпр. гравитационе базе ријечне ерозије итд.	Особа упоређује двије тачке на топографској карти замишља која је виша или нижа надморска висина, или може размотрити ток воде (слив) између њих.	Особа може ефикасно да одреди релативни положај објеката. На примјер, може разумјети положај у односу на различите оквире референције као што су стране свијета или доминантни природни објекти.
Вањско-динамични	Често се назива и перспективно позиционирање. Подразумијева способност визуализације односа објеката у односу на властиту позицију у непрекидном кретању. Ово омогућава људима да одржавају стабилне представе у динамичном окружењу.	Особа има способност да одреди свој положај на карти у односу на објекте на терену и на карти. То подразумијева да се истовремено прати нека зацртана рута на карти и да се визуелизује и пореди стварни терен кроз који се креће.	Подразумијева способност исправног разумијевања властите позиције на топографској карти.

Извор: Агајширано према Newcombe and Shipley, 2015

унутрашњост-спољашњост (интринзичност-екстринзичност). Први пар базиран је на томе да ли се посматрани предмет мишљења узима као статичан или динамичан, односно промјењив у простору и времену. Други пар односи се на то да ли је анализа усмјерена само на унутрашње карактеристике посматраног објекта и појаве или се у обзир узимају и релације са окружењем (окружење може бити један или више објеката, појава или процеса).

Комбиновањем ова два пара добијене су четири категорије: унутрашње-статично, унутрашње-динамично, вањско-статично и вањско-динамично. Јасно је да категорије екстринзичног и динамичног имају већу когнитивну валенцу, односно захтијевније су.

Пројективна просторност – темељна компетенција просторног мишљења у раду са пјешчаним моделом проширене стварности

Вањско-динамичка категорија просторног мишљења, односно „перспективно позиционирање које подразумева способност визуелизације односа објеката у односу на своју позицију у непрекидном кретању” како је дефинишу аутори, у суштини рјечником когнитивне развојне психологије представља напредну фазу просторног мишљења којег Пијаже и Инхелдер (1968) називају пројективна односно еуклидовска просторност. Пошто је ова врста когнитивне активности од кључног значаја за ефикасну употребу пјешчаног модела проширене стварности, потребно је знати основне карактеристике овог типа просторне когниције, те приликом планирања инструктивног рада имати на уму и у којем се узрасту појављују поједине фазе овог типа мишљења.

Појам њравца – основа развоја ѡројективне ѡпросторности

Када, у ствари, почиње функционисање пројективне просторности и шта је њен темељ? Резултати анализа проведених од стране Пијажеа и Инхелдера (како наводи Трифуновић, 2020в) указују да се она јавља као фаза у психокогнитивном „развоју” тек онда када је дијете у могућности да просторне фигуре доведе у везу са „тачком посматрања”. Функционална пројективна просторност могућа је, дакле, тек када дијете постане оно што бисмо могли назвати субјект.

Конституисање субјекта исказано концептима просторности еквивалентно је постојању свијести о заузимању тачке посматрања на основу које се перцептивно поље дјетета може организовати на један потпуно другачији начин. Оваква организација перцептивног поља темељно је повезана са могућношћу разумјевања идеје праве линије. На овом мјесту је веома битно истакнути суштинску разлику између перцепције праве линије (нпр. код квадрата) и њене имагинативне реконструкције. Не постоји једнакост између а) перцепције и реконструкције (репрезентације) праве линије која је саставни дио квадрата и б) перцепције и реконструкције праве линије по себи било гдје у простору – дакле без тога да је она дио неке фигуре. Да би се могла реконструисати права линија она мора бити потпуно разумљена,

њена могућност остварења мора бити појмљена по себи. Дијете мора увидјети суштину праве линије, односно појам правца као таквог. Али шта је за то потребно. Конструисати правац значи спајати одређене тачке дуж неке замишљене стазе. Прије самог чина реконструкције правца, односно цртања неког правца нужно је разумјети идеју праве која лежи у основи принципа пројектовања. Дијете није у стању да самостално креира праву све док не схвати принцип пројектовања, који се састоји у виртуелном спајању тачке посматрања са било којом пројектованом тачком у простору. Пијаже и Инхелдер (како наводи Трифуновић, 2020в) путем сљедећег једноставног експеримента откривају фазе развоја пројективне просторности. Експеримент се састоји у томе да се од дјецe тражи да поредају дате фигуре попут телефонских стубова поред пута, односно да помоћу њих формирају праву линију. На два стола – четвртастом и округлом – постављене су почетна (А) и завршна фигура (Z). На четвртастом столу ове двије фигуре постављене су тако да захтијевана права линија није паралелна са ивицама стола, него са њима заклапа неки угао. На округлом столу двије крајње фигуре су постављене тако да захтијевани правац чини или полупречник или тетиву кружнице. Добијени резултати недвојбено упућују на постојање сљедећих временских етапа психокогнитивног развоја пројективне просторности (како наводи Трифуновић, 2020в):

- Фаза до 4. године живота. Правац није могуће конструисати у овој фази без обзира што је дјетету понуђен модел (ивица стола) те конструкције. Оно једноставно није у стању да га препозна.
- Фаза од 4. до 7. године. Дијете може конструисати праву линију само уколико тражени правац иде паралелно са ивицом стола. Оно препознаје форму правца и копира понуђени модел, али суштински не схвата његов принцип конструкције.
- Фаза од 7. године. Дијете може конструисати праву линију без обзира на облик стола, односно без разлике да ли захтијевани правац иде паралелно или не са ивицом стола.

Према томе, јасно је да дијете схвата принцип пројекције. Пројективна способност формирања праве линије (способност да дијете конструише правац) неоспорно је нужан услов могућности формирања различитих тачака гледишта, а тиме и саме перспективне просторности. Разлози тешкоћа разумијевања перспективе код дјецe Пијаже и Инхелдер сматрају да се разлози немогућности разумијевања и практиковања ове кључне димензије просторног мишљења не налазе у немогућностима које су повезане са радњама цртања.

Разлог томе јесте постојање разлике између перцепције и репрезентације. Перцепција одређеног објекта из одређене перспективе не подразумијева и нужно свјесност одређене тачке гледишта. С друге стране, репрезентација објекта виђеног из одређене тачке гледишта, односно из одређене перспективе, нужно подразумијева и свјесност о тој перспективи. Уз то се, наравно, подразумијева и свјесност о трансформацији предмета услед промјене перспективе. За разлику од перцепције, репродукција захтијева и координацију између перципираног објекта и субјекта који перципира.

Тешкоће разумијевања и практиковања перспективне просторности леже управо у томе што дијете у првој фази није у стању да направи разлику између појединих тачака гледишта. Разлог овој немогућност јесте грчевито држање дјетета за его, које је видљиво у психичкој карактеристици игнорисања чињенице о субјективности појединих тачака гледишта. Другим ријечима, проблем формирања структура перспективне просторности налази се у захтијеву дјетета да се свијет различитих тачака посматрања подреди његовој властитој перспективи. Не ради се о томе да дијете „физички” не може посматрати ствари из различитих углова, него његова структура свијести још увијек није појмила концепцију перспективности. Пијаже и Инхелдер (како наводи Трифуновић, 2020в) управо указују на ту суштину пројективне просторности кад констатују да „пројективни систем није у својој суштини перцептиван, него концептуалан.”

Еуклидовска просторност

Разлика између пројективне и еуклидовске просторности, према ауторима, аналогна је разлици између слике и симболичке слике. Да би нам ова констатација постала јаснија неопходно је размотрити Пијажеове (Трифуновић, 2020в) фазе развоја менталних слика код дјетета.

- Први тип слике јесте пука „статична” ментална репрезентација објекта. Као доказ овој тези може се навести сама техника извођења претходног експеримента у којем се од дјете није тражило да нацртају правац, него да поредају фигуре у форми правца – нпр. коцке која се реферише само на непосредно „физички” присутну коцку, али не оперише могућим „менталним” трансформацијама коцке – као што су нпр. развијање њених страна или њихово састављање.... итд.
- У оквиру другог типа већ се „надилази” ова претходна слика и долази до парцијалне антиципације могућих менталних трансформација. Разлог ове недовољне оперативне способности трансформације менталних слика лежи, као и у претходном случају пројективне

просторности, у томе што још у потпуности није интегрисан систем корелације између координираних тачака посматрања и координираних менталних операција.

- Наведена координација се догађа тек у трећем типу слике, када менталне акције постану оперативне. Оперативност се појављује на оном степену психокогнитивног развоја дјетета када постоји наведена координација унутар једног цјеловитог система репрезентације. Слика тада постаје симбол. Шта то значи? То значи да ментална слика коцке сада упућује и на могућност своје властите трансформације. Она постаје у потпуности одвојена од перцепције неке конкретне коцке, постајући једна врста „грађе” или материјала за менталне операције које су сада не само перцептивне, него првенствено симболичке природе. Оне су симболичке пошто се не оперише „реалном” коцком, него оним што је заправо мијења/имитира – дакле њеним симболом. У домену визуелне перцепције и имагинације функција симболичке слике постаје аналогна функцији језика у домену појмовног мишљења. Управо ову трећу фазу или трећу врсту слике одликује оно што Пијаже и Инхелдер називају еуклидовским операцијама.

Еуклидовска просторност се појављује онда када је координација различитих тачака гледишта и различитих односа међу различитим тијелима интегрисана у један цјеловит оперативни систем.

Референтни системи и хоризонтално-вертикалне координације

Еуклидовски тип просторности видљив је, како смо већ видјели, кроз постојање систематске и цјеловите корелације између различитих међусобно координираних перспективних тачака и релација између самих објеката. Пошто се приликом појмовног мишљења не оперише „конкретним” предметима, него њиховим симболичким формама – језиком, односно појмовима. Развојем пројективне просторности формира се једна врста координисаног система пројективних равни, односно пројективних праваца који се организују у форми тродимензионалног координатног система са осама напријед-назад, горе-доле, лијево-десно. Унутар ове три осе могуће је функционално организовати тзв. геометријски мишљену просторност. За разлику од пројективне, у еуклидовској просторности долази до координације и између објеката унутар ове тродимензионалне структуре. Референтност је стога у еуклидовској просторности могућа на двоструки начин. Један начин је на основу самих пројективних линија, односно равни, дакле у односу на те равни, а други је у односу на саме објекте који се налазе „у” овом

тродимензионалном оквиру. Једноставније речено, положај неког објекта могуће је одредити наспрам самих пројективних координата, али и наспрам предмета унутар њих. На тај начин наведене релације нису ограничене само на објекте који су присутни у датом моменту, него у себе укључују све сукцесивне или потенцијалне позиције и односе што у суштини представља темељну карактеристику хипотетичко-дедуктивног мишљења.

Одлучујући преокрет у когнитивном развоју просторних концепција код дјеце, дакле, настаје са навршених девет година старости. Тада се појављују прве конкретне операције у оквиру једног свеобухватног референтног оквира еуклидовске просторности. Пијаже и Инхелдер (како је наведено у Трифуновић, 2020в) примјећују да су дјелатност репрезентације и перцептивни ниво повезани по систему повратне спреге! Развој и напредовање саме репрезентативне дјелатности, њен неки нови степен бива пренешен на саму перцептивну дјелатност која, пак, саму перцепцију организује на неки другачији начин, него што је то било прије тога новог степена развоја. При томе један те исти предмет, односно просторни распоред бива перципиран на сасвим други начин, иако он заправо остаје „исти” по себи. Примјер који аутори наводе сликовито објашњава тај процес: Доласком психокогнитивних способности дјетета у ону развојну фазу када је имагинација способна да просторне фигуре уреди у облику координатног система догађа се то да и сама перцепција започиње да лоцира, уређује, односно види одређене предмете на начин тога новоразвијеног система, док се прије тога задовољавала много једноставнијом матрицом. Не знајући ништа о овим развојним фазама и повратно условљеним трансформацијама самог „начина” перцепције просторних објеката – лаици могу закључити да је нпр. модус координатног система присутан ту од самог почетка у перцептивној дјелатности, те тако довести до проблема неприлагођености наставног садржаја могућностима ученика. У табели број 6 дате су завршне развојне фазе/структуре просторног мишљења (3. и 4.) без којих већина планираних наставних садржаја за рад у пјешчаном моделу неће бити изводљива. То се посебно односи на завршну, дакле еуклидовску просторност (формално-оперативна фаза и конкретно-оперативна) која подразумева способности менталне ротације и динамичке визуелизације рељефних промјена и приказа рељефности на равни.

На основу података из табеле 6, односно на основу истраживања Пијажеа и Инхелдера о развоју просторног мишљења код дјеце, направљена је и сегментација планираних наставних садржаја на оне које су адекватне за ниже узрасте (почев од 8-11 година) и више узрасте – ученике старије од 12 година. Ова подјела је направљена чисто на основу онтогентетских закономјерности развоја и због тога је нужно и апстрактна. То значи да ће неке садржаје намијењене старијим узрастима моћи разумјети и млађи ученици, док

Табела 6. Завршне етапе (3. и 4.) развоја концепција просторности према Пијажеу и Инхелдеру

Фаза		Године	Карактеристике
3.	Конкретна оперативна	8–11/12	Дијете је у овом узрасту способно да извршава конкретне операције логичког мишљења и тзв. конверзације – задржавања квантитативних карактеристика предмета без обзира на промјену његове форме. Оно схвата да се нпр. количина течности неће мијењати уколико се преспе у посуду другачијег облика или да се дужина неће промијенити уколико се мијења угао гледања на њу. Дијете је свјесно и односа транзитивности – закључивање о трећем објекту на основу веза тог објекта према другим објектима. Ово се односи на могућност схватања међусобних односа величина на апстрактном нивоу и то без директног мјерења. Наведена способност, такође, омогућава и операције класификације. Јавља се и могућност реверзибилног мишљења, односно инверзних операција. Од седам године дијете може конструисати праву линију без обзира на облик стола, односно без разлике да ли захтијевани правац иде паралелено или не са ивицом стола. Из овога је видљиво да дијете поима принцип пројекције као основу за појаву структура перспективне просторности.
4.	Формално оперативна	12–18	Дијете овладава способношћу апстрактног мишљења. За рјешавање проблема није више неопходно да дијете „види“ конкретну проблемску ситуацију. Просторно мишљење сада оперише на формалан начин кроз операције хипотетичко-дедуктивног закључивања. У домену визуелне перцепције и имагинације функција симболичке слике постају аналогна функцији језика у домену појмовног мишљења. Присутна је координација различитих тачака гледишта и различитих односа међу различитим тијелима која бива интегрисана у један цјеловит оперативни систем, који Пијаже и Инхелдер означавају као еуклидовску просторност. Она омогућава да позиције самих објеката могу бити разматране независно од потенцијалне промјене локације самих предмета.

Извор: Трифуновић, 2020в

неке садржаје који би им требали бити доступни према табели развоја ученици неће моћи разумјети. Наравно, током конкретног рада на пјешчаном моделу, наставник ће (према упутствима која су дата у плановима) моћи да коригује приступе и тежину садржаја.

Пјешчани модел проширене стварности, социјални конструктивизам и утјеловљена когниција

Из анализе литературе која се бави истраживањима потенцијала који пјешчани модел проширене стварности има за развој виших когнитивних способности, могуће је закључити да се готово сви истраживачи (Shelton & Hedley, 2002; Shelton & Hedley, 2003; Sallerno et al., 2005; Kerawalla et al., 2006; Buesing & Cook, M., 2013; Richardson et al., 2018) слажу да су кретање, гестикаулација и сарадња која се догађа приликом процеса учења кључни за успјех. То наравно није случајно, јер је пјешчани модел једна врста лабораторије тзв. конструктивистичког учења, прецизније социјалног конструктивизма. По својој природи пјешчани модел, почев од једноставног дрвеног оквира испуњеног пијеском, преко, како смо видјели, првих покушаја „набацивања” дигиталних садржаја у оквиру пројекта Мимикрај дизајнерске групе Монобанда па све до његовог довршетка путем укључивања строго научних категорија и принципа од стране тима са Универзитета Дејвис у Калифорнији, чува своју темељну карактеристику – позив на заједничку игру у пијеску. Без обзира да ли се сарадња дешава заједничком изградњом једноставних пјешчаних кула негдје у парку или рада на конструкцији пјешчаног рељефног облика помоћу топографске карте, увијек се догађа нека врсте заједничке конструкције спознаје. Идеје и искуства које свако дијете уноси у процес играња и која се наравно разликују услед индивидуалних разлика и социјално-културног контекста не остају изоловане и затворене. Оне се наравно самим чином умијешаности у заједничку активност нужно испољавају. Социјални конструктивизам објашњава да појединац учи, односно сазнаје тако што конструише властито сазнање путем интеракције са другим, тј. учење се догађа само као социјални феномен при чему се идеје и сазнања размјењују (Милутиновић, 2011).

Ово, у ствари, представља према Виготском (1987) суштину процеса учења које се састоји у константном развијању властитог разумијевања путем друштвено посредованог искуства. Другим ријечима, свако је учење друштвено условљено, пошто дијете не расте у некој врсти друштвено-когнитивно-вриједносног вакуума. Учење представља заправо интернализацију друштвено-контекстуализованих идеја и вриједности а оне се опет у сусрету са другим друштвеним контекстом и/или мијењају.

Бујак и сарадници (2013) истичу неколико димензија интеракције која се догађа током рада на пјешчаном моделу проширене стварности. То су физичка, когнитивна и контекстуална димензија. Контекстуална димензија учења у окружењу проширене стварности односи се, у ствари, на колаборативно учење, учење са другима али и учење које се догађа у релевантном контексту (стр. 541). Окружење проширене стварности омогућава релативно једноставан и брз избор различитих контекстуализација односно дигиталних

садржаја и окружења повезаних са изучаваним наставним садржајима и пројектованим исходима. Колаборативно, односно сарадничко учење омогућава да се проучавани садржај посматра из различитих перспектива односно хоризоната искуства. Та искуства могу бити непосредно исказана од стране присутних ученика из групе, али исто тако могу бити дио проширене стварности, односно могу бити унапријед припремљена и наснимљена. То се односи на различите перспективе које на проблем могу имати нпр. научници, представници локалне заједнице или пак легислатива.

Пјешчани модел проширене стварности омогућава да се интеракција између ученика одвија и на микро нивоу, дакле на невербалном нивоу, покрета, гестова односно говора тијела. Виртуелна реалност и неки други модели проширене стварности који не подржавају колаборативно учење (навести) не омогућавају овакав вид комуникације и ученичке сарадње у вези изучаваних образовних садржаја (Kiyokawa, et al., 1998).

У оквиру физичке димензије, дакле едимензије тјелесног кретања и гестикулација, радњи рукама и разних гестикулација које се врше током рада на пјешчаном моделу, аутори (стр. 537) сматрају да пјешчани модел у ствари, представља неку врсту *интерфејса* помоћу којег се ученици на један природни начин уводе у наставни процес. Пошто су наведене радње углавном везане за пјешчано моделовање, које је ученицима већ познато и природно, рад са овим моделом AR надовезује се на њихову способност за играње што је изузетно мотивишуће и за шта наравно не треба нека врста претходне припреме, учења а нити оптерећења тзв. радне меморије.

Аутори, такође, сматрају да проширена стварност редукује баријеру која се појављује код ученика нарочито нижих узраста приликом кориштења различитих едукативних интерфејса и платформи јер се употребом пјешчаног модела, између осталог, ради и о игри. Ученици се могу слободно кретати око пјешчаног модела, мијењати перспективу, бирати дигиталне садржаје које желе, манипулисати различитим средствима за обликовање пијеска итд. што умањује потребна предзнања и олакшава обраду наставних садржаја. Овим комбиновањем физичко-виртуелног комплекса омогућава се везивање учења за одређену адекватну просторну локацију, односно појављује се тзв. амбијентално учење. С друге стране физичка димензија кориштења пјешчаног модела проширене стварности доводи до тога да се облик сазнања који се при том догађа не одвија само као концептуална репрезентација, него првенствено као тзв. утјеловљена когниција.

Пјешчани модел проширене стварности и утјеловљена когниција

Појава теорије утјеловљене когниције (*embodiment cognition*) изазвала је снажне реакције области истраживања људске когниције због своје релативно

контроверзне тезе да процес сазнања није само везан за људску свијест, него да се сазнавање првенствено одвија као тјелесни процес (Varela et al., 2016). Тема је, наравно, стара епистемолошка загонетка „изласка” спознаје у вањски свијет која се обично поједностављено посматра у виду постојања два пола или два актера у којем ум на одређени начин узима, оно што је вани путем чула и онда га разумијева. Али очигледно је да се ту не може говорити о некаквим оштрим границама јер свакодневно људско живљење у својим различитим испољавањима неизбјежно је већ у томе изван, упућено на њега. Феноменолошким рјечником речено – чин интенције и интендирани објекат морају, на неки начин, бити повезани априори а њихово раздвајање резултат је апстракције. У свом покушају да одговоре шта је то заједнички основ увезаности субјекта који сазнаје и објекта сазнавања, Варела и сарадници настоје дати одговор преко концепције тзв. енактивизма (*Enactivism*) или у нашем слободном преводу – дјелотворења. Суштина ове теорије да је сазнање нека врста, конституисања (дјелотворења) свијета (смисла) у самом чину сазнања /кроз/путем утјеловљене когниције.

Према Томпсону (2007) сазнање се догађа путем динамичке интеракције између организма и његове средине. Организми не примају само пасивно информације из свог окружења, па их потом репрезентују. Они првенствено стварају своје окружење властитим дјеловањем, односно интеракцијом са њим која по природи ствари нужно мора бити тјелесно вођена и која је руковођена заправо неком конкретном ситуацијом. Овакво виђење процеса сазнања захтијева и радикално проширење онога што се назива ум. Он се више, сматрају Варела и сарадници не може уско схватати из физиолошке парадигме која га смјешта унутар тијела, прецизније у мозак. Напротив ум представља јединство мозга, односно тијела у цјелини, те физикалне и социјалне стварности тј. окружења.

Спознаја, према томе, није само нека врста „унутрашњег” процеса који се одвија у уму „објективног” посматрача. Напротив, спознаја је прије свега нека врста дјеловања, она представља различите начине понашања који су увијек везани за тјелесне процесе (а не само тзв. интелектуалне). Према томе спознаја је неодвојива од сензомоторичког система и околине. Она је увијек ситуирана, умјештена, догађа се и одвија увијек у неком окружењу. При том човјек у том топосу није само изоловани ум, него испољено практично биће усмјерено на своју околину. Та усмјереност увијек јесте неко понашање које има свој циљ и поступке. У историји филозофије која тематизује однос тијела и сазнања једно од најистакнутијих мјеста припада Мерло-Понтију. Једна од централних теза његове књиге Феноменологија перцепције (Мерло-Понти, 1990) јесте разликовање тјелесно-моторичког система означавања (давања смисла, разумијевања) од интелектуалног. Шта више овом првом модусу разумијевања, дакле перцептивно-тјелесном, Мерло-понти даје приоритет

држећи га за конститутивни услов могућности искуства уопште. Он сматра да тијело у ствари разумијева, само на другачији начин него што то чини разум.

Према Кањасовој (2019) основна тјелесне когниције јесте његова покретност. Само кретање тијела већ је нека врста разумијевања просторних односа, односно властитог положаја и сврха које се настоје остварити. Да би се разумјела Мерло-Понтијева намјера потребно је саму тјелесност посматрати на другачији начин. Аутор *Феноменологије перцепције* сматра да је тијело много више него што је то скуп органа. Он тијело посматра као априорну цјелину а не као неки систем који се накнадно конституише одређујући га преко концепције тјелесне шеме (1990, стр. 113). Овим изразом настоји се изразити један нови начин, односно *модус еџисџенције* који припада тијелу као таквом. Тјелесна шема није „обичан резултат асоцијација успостављених током искуства, већ глобално освјештење мога положаја и држања у интерсензорном свијету”. Шта то значи? Као што је већ наглашено, концепција тјелесности подразумеијева априорност и јединство које није производ искуства, него је услов искуства, тј. перцепције као такве и учења. Друга битна карактеристика тјелесне шеме поред априорности, јесте њена константна активност и адаптивност на промјене у и изван тијела. За Мерло-Понтија просторност тијела није просторност положајности, него просторност ситуације (стр. 114). Шта значи ова просторност ситуације? Понти показује како је просторност тијела увијек усмјерена, подешена али и подешавајућа у вези са неком практичном радњом. Свака радња у својој је суштини нужно ситуирана, има одређени просторно-временски и материјални контекст, неку намјеру. Тјелесна просторност не може се посматрати изолована у некој врсти координатног система, дакле положајности (мада је основ и геометријског модуса просторног мишљења). Тјелесна шема, односно интегрално-функционална присутност тијела модификује се у зависности од поједине ситуације коју тијело креира или у којој се оно налази. Тако нпр. уколико настојимо извести стој на рукама или научити возити бицикл, тјелесна шема ће се модификовати тако да ће наш осјећај просторности бити прилагођен потребном задатаку. Фокус ће бити пребачен на равнотежу и координацију удова, док ће све остало бити у позадини у некој врсти припремног мода или тзв. *stand by*, спремно да се „укључи” по потреби. Сва та координација и знање о властитој просторности, дакле просторности тијела и просторности одређене ситуације, догађа се не у смислу прорачунавања одређених положаја или координата, него је та просторност присутна одједном, дата као цјелина тијела и његове ситуираности.

Тјелесна просторност (просторност неког тијела) се на наки начин, према Мерло-Понтију распростире, она се пројектује изван граница тог тијела – она је дакле ситуациона, а не локациона. На шта Мерло-Понти мисли могуће

је разумјети кроз примјере појединих спортова, као нпр. кошарка или тенис, у којима врхунски спортисти на готово егзактан начин могу пројектовати своје тијело у простор.

Наравно све ово не значи да је човјекова просторност само нереклексивне природе. Мерло-Понти само настоји да укаже на још изворнији начин (егзистенцијални) који представља основу могућност онога што се назива искуство.

Пошто је пјешчани модел проширене стварности, у својој суштини, једна врста учила које захтијева ангажман различитих дијелова тијела да би се постигао циљ учења, разумијевање ове концепције која повезује људско тијело и простор на један изворни начин битна је приликом рада на пјешчаном моделу. Наиме, иако ће се одређени вид учења појавити уколико се дјеца само играју у пијеску (њихова тјелесна шема ће том приликом створити одређене навике (мишићно-тјелесно памћење) о покретима, облицима, величини, текстури пијеска, потребној координацији покрета итд.) ипак то није довољно. Поред ових горе поменутих покрета које Мерло-Понти назива конкретним покретима који су везани за одређене можемо рећи „природне” односно спонтане радње које врше у некој конкретној уобичајеној ситуацији и неком одговарајућем окружењу, он разликује и апстрактне покрете (1990, стр. 125).

Апстрактни покрети су они којима се излази из неке спонтане ситуације, из рутине конкретне ситуације. Мерло-Понти ће рећи да су конкретни покрети центрипетални, а апстрактни центрифугални, односно да се ови први стапају уз неку конкретну ситуацију, а да ови други сами креирају и просторну позадину, односно окружење радње. Апстрактни покрети су дакле базирани на функцији на пројекције, и представљају пројективну просторност тијела о којој је већ било ријечи. Очигледно је да се апстрактни покрети морају базирати на конкретним покретима, односно конкретној ситуацији као својој бази. Такође, апстрактни покрети на неки начин понављају конкретне покрете, али уз један веома битан додатак, а то је постојање јасне свијести о томе да се ради о ситуацији која је „изазвана” ради неког циља изван спонтане ситуације. Тек на основу те свијести, дакле путем апстрактних покрета (наравно, базираних у конкретним покретима и тек на основу комбиновања са њима) при раду на пјешчаном моделу може се појавити „искуство” учења које захтијева тзв. више когнитивне способности.

Пјешчани модел управо омогућава комбиновање ова два покрета – конкретни и апстрактни. С тим што уз дату позадину креира и виртуелну. Ученици користе, односно комбинују према томе обе врсте покрета. Конкретни покрет је: покрет руке у пијеску дакле у већ постојећем просторном контексту, односно некој ситуацији која је ученицима позната и са којом се могу саживјети на природан и спонтан начин. Апстрактни покрет

истовремено симултано сљеди јер се креира, односно отвара нова позадина, ново окружење у којој се постојећа позадина игре у пијеску претвара у дидактичко окружење тополошког моделовања. Разлика између ова два покрета, односно ове двије просторне ситуације у којима се ученик налази (конкретне и апстрактне) јесте разлика између обичног сандука са пијеском и пјешчаника као дидактичког средства у проширеној стварности. Између ова два пола налази се као што смо то представили пројек Мимикрај.

Да би се постигли планирани наставни исходи наставних садржаја у оквиру рада са пјешчаним моделом проширене стварности, потребно је имати у виду ову Мерло-Понтијеву концепцију, те комбиновати ове двије врсте покрета. Другим ријечима потребно је игру као основу сваког учења и која се у почетку игра „конкретним покретима”, наставити тако да она постане рефлексивна, односно да истовремено буде и не буде игра. Другим ријечима, рад на пјешчаном моделу проширене стварности треба да буде она игра у којој ученик постаје свјестан властитих погрешних претпоставки или менталних модела са којима улази у игру тополошког моделовања и да при том дође до њихове корекције, тј. да се појави разумијевајуће учење. Јер игра је озбиљна ствар и има медијални смисао, односно она има моћ да доведе до увида у своју властиту позицију, те самим тим и да омогући и почетне кораке ка учењу.

Ханс Георг Гадамер (1978) у својој филозофској анализи игре уочава посебности свијета игре која се појављује као „средство”, тачније као средина – као поље играња које у себе обухвата оне који играју. Узимајући играча у себе игра као поље догађања јесте увијек „мјесто и начин” искушавања самог играча, при чему долази до интерпретације властитих предрасуда о одређеној концепцији. Обзиром да је пјешчани модел првенствено осмишљен за тимски, односно сараднички облик рада могућности за размјене интерпретација, односно за појаву учења су наравно и веће. На тај начин се, заправо појављује учење које се назива концептуална промјена о чему ће више бити ријечи у даљем тексту.

Пјешчани модел проширене стварности у интерпретативном приступу наставном процесу

Рад са пјешчаним моделом проширене стварности у овој је књизи замишљен на основу интерпретативног модела (Марић и Трифуновић, 2014). Интерпретативни модел поучавања и учења полази од основне претпоставке да наставник нужно мора на одређени начин интерпретирати кључне аспекте наставног процеса. Другим ријечима, наставник мора бити свјестан како свог рада, тако и рада ученика. Интерпретативни приступ полази од основног принципа филозофске херменутике, а то је да се приликом разумијевања увијек полази од одређених предрасуда (претпоставки) које се требају освијестити и кориговати током процеса интерпретације (тзв. стапање хоризоната разумијевања).

Ханс Георг Гадамер (1978) ће рећи у књизи Истина и Метода да се разумијева, односно учи само уколико је то ново разумијевање, заправо другачије од претходног. У овоме је исказана сва суштина процеса учења. То разумијевање односно учење догађа се тако што наставник допушта да се појаве предрасуде, односно почетна ученичка знања о предмету, па их затим у процесу размјене интерпретација, заправо коригује својим инструктивним радом. На тај начин се истовремено и ствара база за наредни степен учења захтијевнијих процеса али и однос према стварности, јер разумијевање има ту неизбјежну практичну димензију – херменеутичко тројединство схватања, објашњења и примјене (Гадамер, 1978, стр. 341). Овакав приступ је у складу са прокламованим циљевима Луцернске декларације (Марић и Трифуновић, 2014) којом се подстиче на интерпретативни приступ географској проблематици, фокусирајући се на различитост позиција са којих различите друштвене групе и појединци посматрају одређене географске појаве и процесе. Дакле, долази до трансформације од једносмјерног (чињеница-наставник-ученик) ка полисмјерном (значења-наставник-ученик) модусу одабира, организације и презентације наставних садржаја.

Табела 7. Карактеристике трансмисионог и интерпретативног типа разредне „климе“

Интерактивно-трансмисиони разред	Интерактивно-интерпретативни разред
Влада атмосфера у којој је примарни фокус на памћењу података.	Битни аспект јесте и начин на који ученици уче а не само шта уче.
Наставне јединице се, углавном, излажу исто сваке школске године.	Приликом припремања за сваку наредну школску годину води се рачуна о могућем развоју нових генерација.
Записивање биљежака функционише на принципу „диктирања“ ради касније репродукције.	Биљешке које наставник /ученици праве углавном су скице које се могу даље развијати и мијењати, те повезивати са новонасталим разумијевањем обрађиваног проблема.
Задани задаци а и тражени одговори приликом групног облика рада су углавном дати као сегменти из уџбеника.	Велика пажња се поклања разноврсности извора, а задаци су структурирани тако да подстичу ученике на истраживачки рад.
Уколико ученик не разумије градиво углавном је то његова „кривица“ а обрада наставне јединице се наставља даље.	Наставник настоји да објасни недоумице и превазиђе неразумијевање неког проблема заједно са ученицима.
Оцјењивање ученика углавном се спроводи на бази тачног одговора на постављено питање.	Оцјењивање ученика засновано је на њиховом доприносу дискусији, направљеним анализама и закључцима.

Извор: Агајџирано према Balderstone, & Lambert, 2000.

Према томе, могуће је на страни наставника издвојити сљедеће облике интерпретативне дјелатности као главне аспекте улоге наставника:

- интерпретација наставног садржаја који треба да се обрађује;
- интерпретација елемената педагошке презентације наставног градива. Овдје спада и интерпретација саме ученичке ситуираности у знању, дакле претходна ученичка знања, мотивација, начини учења итд.;
- интерпретација извршене педагошке презентације. Као резултат ове интерпретације требало би да се појави тзв. наставничко самоучење. Оно представља нужну рефлексивну праксу која може да доведе до адекватнијег избора наставних садржаја, облика рада, метода рада, редослиједа реализације и обраде појединих дијелова наставне јединице, степена сложености и редослиједа постављаних питања, итд.

Ученик тако, у процесу наставе, има сљедеће активности:

- интерпретира наставничко излагање и отвара путем постављања

питања, процес дијалектичке размјене интерпретација стварајући једну врсту *продуктивне шензије* између њих;

- искушава своје властито схватање проблема кроз постављање питања;
- потврђује или не потврђује претходне претпоставке на којима почива излагање наставника – нпр. о „нивоу” претходно посједованог знања код ученика.

Колаборативни рад на пјешчаном моделу проширене стварности размјена интерпретација и врсте просторног мишљења

Да пјешчани модел проширене стварности заиста доприноси наведеној размјени интерпретација којом долази до увиђања и подстицања на рјешавање проблема који захтијавају просторну когницију, показује и истраживање које су провели Јотам и Тверски (2020). Наведено истраживање имало је за циљ да открије да ли постоје разлике и каква је њихова природа у степену активације и врстама просторног мишљења приликом групног рада на пјешчаном моделу проширене стварности. Прво је група студената радила без укљученог пјешчаног модела на проблему који захтијева картографске вјештине и различите облике анализе и синтеза са способностима визуелизације а потом је рађено у окружењу проширене стварности. Ова димензија колаборативног рада која подразумева размјену мишљења, односно интерпретација проблема и увида у просторне односе, веома је битна за адекватну употребу пјешчаног модела проширене стварности јер он по својим димензијама, структури, функцијама и могућностима, у ствари, и функционише најефикасније у оваквом модусу рада.

Резултати истраживања

Рад без функције дигиталног окружења показао је да студенти морају моћи визуелизовати просторне облике, њихове нагибе и сликове у циљу рјешавања задатака. Већини чланова групе то није било могуће, па је задатак остао неријешен или ријешен половично. Врсте просторног мишљења (према класификацији Њукомб и Шипли) биле су углавном интринзичне, дакле везане за карактеристике појединачних објеката и статичне. Према томе, није било увиђања односа између појединих објеката и процеса.

Кад је укључено дигитално окружење дошло је до значајних промјена у начину на који су студенти приступили раду али и у њиховим когнитивним процесима. Приликом рјешавања задатака студенти су се много више кретали и гестикулирали и што је веома битно више су дискутовали о могућим

рјешењима. Размјена њихових интерпретација била је најактивнија приликом разумијевања односа између дводимензионалног приказа на екрану монитора и тродимензионалног рељефног облика са пројектованим изохипсама. Том приликом уочена су два типа просторног мишљења – унутрашње и вањско динамично просторно мишљење. Помоћу којег је успостављена релација између изгледа топографије у њеној 2D представи са њеном 3D представом на пијеску.

Анализа резултата показује да колаборативни рад на пјешчаном моделу проширене стварности доприноси сљедећим карактеристикама просторног мишљења:

1. брже и ефикасније схватање просторних релација, нарочито ако се AR комбинује са монитором – при раду са AR употребљавају се екстринично динамично просторно мишљење и много више геста и кретања;
2. омогућава да се нејасноћа која се појави у оквиру групе рјешава, тако што се сви чланови групе могу окренути том проблему;
3. с друге стране AR омогућава да чланови групе раде појединачно али да је њихов рад у ствари јединствен пошто их повезује заједничка тема–проблем (Јотам и Тверски, 2020, стр. 24).

Пјешчани модел проширене стварности и топографско моделовање

Основне тешкоће са којима се сусрећу ученици приликом интерпретације топографских садржаја

Без обзира о којој се епохи, друштвеном систему или врсти наставне технологије ради, одређене дидактичке ситуације остају константа. Њихова релативна непромијењивост није дакле резултат друштвених околности, него је условљена онтогенетским развојем човјека, односно психофизичким развојем ученика. А једна од константи са којима се методичари и научници који проучавају дидактичку вриједност појединих метода у наставном процесу, готово редовно сусрећу како у нижим, тако и у вишим разредима основне и средње школе, јесте проблем разумијевања настанка карата, односно трансформације рељефности (тродимензионалности) у дводимензионални приказ. Један од разлога сигурно произлази из саме природе ових садржаја, односно њихове комплексности.

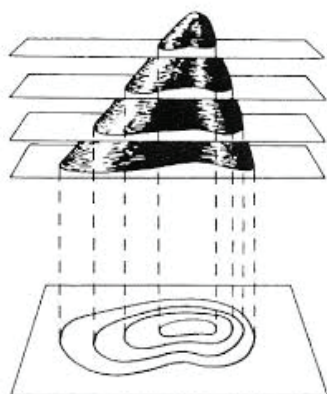
С друге стране разлоге можемо сасвим сигурно тражити и у недовољно дидактички и методички опремљеним уџбеницима и едукативним материјалима, посебно кад се ради о графичким илустрацијама које прате наведене садржаје. Већина графичких материјала помоћу којих се настоји објаснити проблем не садржи потребне и логичне инструктивне кораке и не доприноси значајније разумијевању принципа преноса рељефности на раван.

До појаве пјешчаног модела проширене стварности, који је, нажалост, још увијек тек спорадично доступан у школама и факултетима чак и далеко богатјих држава, истраживања у области графичких илустративних материјала указују да је теорија генеричког приказа дала најбоље резултате (Mayer et al., 1995). У истраживању које су спровели Трифуновић и Петрашевић (2021г) осмишљен је генерички графички приказ у којем су комбиноване слике и адекватна појмовна објашњења. Процес креирања изохипси приказан

РАДНИ ЛИСТ

На скицама 1 и 2 приказан је процес представљања рељефа путем изохипси. Пажљиво их погледајте и на основу тих скица урадите задатке у доњем дијелу радног листа.

Скица 1.



Рељефни слојеви

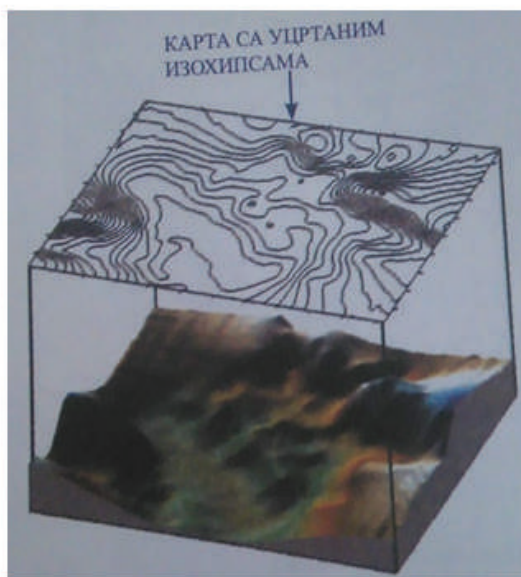
Приказ на карти
путем изохипси

Скица 2.



РАДНИ ЛИСТ

На скицама 1 и 2 приказан је процес представљања рељефа путем изохипси. Пажљиво их погледајте и на основу тих скица урадите задатке у доњем дијелу радног листа.



Слика 39. Радни лист са интегрисаним приказом (горе) и радни лист са скицом из уџбеника (доље)

сукцесивно од рељефног облика, преко начина формирања рељефних слојева до њиховог претварања у изохипсе, при чему је за сваки наредни корак процес апстракције био већи. У појединим фазама слике су попраћене одговарајућом картографском терминологијом. На тај начин ученицима је омогућено да формирају и визуелну и текстуалну базу везану за процес настанка изохипси. Исто тако, комбиновањем ријечи и слика омогућено је да се изврши интеграција текстуалне и сликовне репрезентације у цјеловито објашњење. Производ оваквог приступа јесте и формирање визуелног менталног модела процеса трансформације рељефног облика у изохипсе. Успостављање овог модел требао би омогућити ученицима да манипулишу процесом и у обрнутом смјеру, дакле од изохипси ка рељефном облику. Резултати истраживања показују значајну разлику у постигнућима групе која је радила задатке на основу интегрисаног графичко-текстуалног материјала (ГИГ) од групе која се водила „обичним” графичким приказом (ГНГ). У првом задатку ова разлика је највидљивија у категорији генералне успјешности односно неуспјешности рјешавања постављеног проблема. Група са неинтегрисаним графичким материјалом имала је чак 55,27 процената ученика који нису успјели исправно представити нити једну тражену изохипсу.

У литератури је проблем разумијевања приказа рељефа на карти релативно добро проучен и описан (Kali & Orion, 1996; Gregg, 1997; Libarkin & Brick 2002; Calderone et al. 2003; Bernardz, 2011; Larangeira & Clinton, 2016) гдје се, осим наведених проблема везаних како смо рекли за дидактичко обликовање наставног садржаја, истичу сљедећи главни разлози наведених потешкоћа:

- Генерализација – ученицима треба објаснити због чега се и како врши избор географских садржаја које треба приказати. Многи ученици нижих разреда нису у стању разумјети критеријуме избора па настоје да на скици или план ставе све објекте. Код таквих ученика потребно је створити навику да врше евалуацију географске средине, наравно прикладно њиховом узрасту и интересима.
- Симболичка природа географских репрезентација¹: Карта је прије свега нека врста превођења физикалног окружења у симболичко поље

1 Пошто је пјешчани модел проширене стварности једна врста уређаја који, разумљиво, користи дигитално-симболичке објекте као што су боје и контурне линије тј. изохипсе, нужно је дјеци скренути пажњу на то да ови објекти нису дио физикалне стварности, него представљају репрезентације односно симболе које је урадио човек ради једноставнијег учења. Такође, битно им је скренути пажњу да ти прикази нису настали без икакве повезаности са физикалном стварношћу, него су њен израз. Ову карактеристику географских приказа уопште, односно симболичку природу географије како такве најбоље је демонстрирати тако што се ученицима приказују сателитски снимци простора а потом и њени картографски прикази.

значења. Она је заправо испричана властитим картографским језиком, тј. знаковима. Ученицима нижег узраста је генерално компликовано разумјети како разлоге тако и начине те репрезентације, односно природу симбола уопште те се често дешавају грешке да се симболи схватају дословно онако како се појављују а не шта они заправо значе. Тако се често кружни или четвртасти знакови схватају као да су и објекти који они представљају истог облика. Исто тако, боје знакова узимају се за боје физикалних објеката који су њима представљени што наравно не мора одговарати чињеницама.

- Ортогонална пројекција – објашњено у примјеру да према Пијажеу, ученици тек после осме године живота могу схватити ортогоналну пројекцију
- Рељефност и систем изохипси. Суштински овдје се ради о неколико проблематичних принципа односно концепција које ученици требају схватити. Првенствено почиње се од тога да им се објасни симболичка природа приказа рељефа, било да се ради о приказу бојама или изохипсама или комбинацији тог двога. С друге стране, пред разумијевање се појављује и проблем преноса треће димензије на раван, односно разумијевање односа изохипсе и висине. Као треће, ученицима треба јасно објаснити и односе између форми рељефа и облика изохипси. Према томе проблем односа рељефности и система изохипси је комплексан јер садржи и општу проблематику симбола и физикалног референта, односно географског објекта, проблематику визуелизације тродимензионалног објекта и његове менталне манипулације и проблематику ортогоналне пројекције.

Израда општег плана рада на пјешчаном моделу проширене стварности у оквиру интерпретативног приступа

Управо све ове елементе посједује пјешчани модел проширене стварности и његовом употребом их је могуће ученицима разјаснити на најефикаснији начин. Наравно то подразумева и адекватну употребу овог уређаја проширене стварности, односно израду логичког и прецизног плана активности приликом обраде ове наставне јединице. Ма колико дидактичка средства била напредна и корисна, наставни процес је такав да има своје законитости и захтијева прецизно планирање. Конкретни наставни поступци и употреба пјешчаног модела биће детаљно објашњени и разрађени у наставним припремама на следећим страницама. Овдје ћемо укратко приказати шему кориштења пјешчаног модела приликом објашњења преноса рељефности

географских објеката на раван која се показала као веома ефикасна. То је процедура коју су развили Ладју и Шипли (Ladue & Shipley, 2018). Њихов приступ базиран је на неколико постулата: откривање погрешних полазних претпоставки код самих ученика, корекција тих погрешних или недовољних спознаја путем интервенције наставника и употреба пјешчаног модела у циљу доласка до новог исправног менталног модела, односно до тзв. концептуалне промјене, односно учења. Откривање предзнања ученика врши се поступцима тестирања при чему се ученицима показује серија различитих дијаграма са питањима гдје се од њих захтијева да кликну на одређени дио понуђеног дијаграма као одговор (процесура названа COD – Click-On-Diagram). Поступак омогућава да се иницијалне предрасуде или исправна знања дефинишу веома брзо и прецизно и то на великом броју ученика пошто се тестирање ради на рачунарима или мобилним телефонима и онлајн.

На тај начин је могуће, резонују аутори, створити и базу података ученичких заблуда за различите наставне садржаје што је веома битан полазни корак и омогућава прецизно планирање наставне јединице са посебним фокусом на проблематична мјеста. Такав приступ, очигледно, повећава ефикасност наставног процеса.

Врсте погрешних предрасуда – предзнања и начини њихове корекције

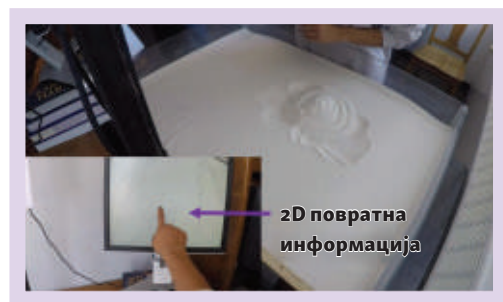
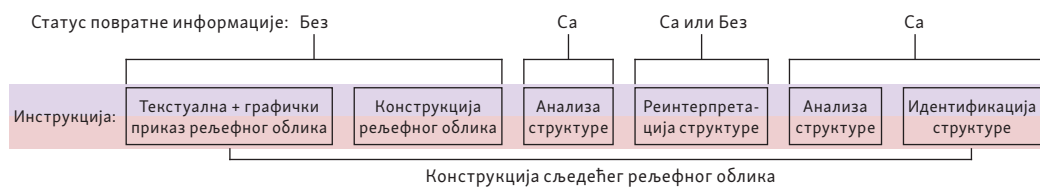
Чи (2008) издваја три врсте оваквих погрешних предрасуда од којих ћемо се задржати на личним вјеровањима и менталним моделима као оним чија је корекција у процесу учења услов без којег није могуће остварити планиране исходе. Трећа врста, коју Чи именује *кашејоријама* (стр. 5) нису толико важна за конкретан предмет проучавања да би захтијевала опширнију анализу. Тим више што су ова лична убјеђења или вјеровања посматрано хијерархијски на најнижем нивоу и њихова промјена аутоматски долази са корекцијом погрешних предрасуда вишег нивоа. Лична вјеровања су везана за појединачне „епизоде” или сегменте информација и оне нису системски увезане да би чиниле језгро, односно принцип око којег се сазнање конституише. Ментални модели и категорије као највиши облици, напротив то јесу.

Откривање и корекција менталних модела и категорија од критичне је дакле важности приликом обраде наставне јединице уопште а наравно и при раду са пјешчаним моделом проширене стварности. Ментални модел одликује кохеренција, односно увезаност појединих дијелова који нису у супротности, односно слажу се без контрадикције приликом објашњења неке појаве. Ментални модел може дакле бити кохерентан, може да садржи и тачне информације али је у бити погрешан, те ће за разлику од исправног доводити до погрешних закључака и предвиђања. Циљ и јесте исправити модел тако да се кохенција задржи. То је много сложенији задатак, него да се исправе лична убјеђења за која је довољно дати исправну информацију.

Код менталних модела потребна је цјеловита трансформација модела која захтијева да се ученику постепено пружи комплетно објашњење одређеног процеса при чему је одсутан поступак да се ученику на очигледан начин демонстрира присутна грешка у моделу. Чи (2008, стр. 68) сматра да је нај-ефикаснији начин да се то уради да се ученику омогући визуелни приказ на основу којег би могао извршити интерпретацију властитог модела са исправним моделом процеса који се учи.

Процес кориговања оваквих „тврдокорних” погрешних становишта са којима ученик улази у процес поучавања није могућ без тзв. херменеутички заснованог процеса наставе који омогућава наставнику да, између, осталог уочава степен разумијевања објашњаваног садржаја и да то разумијевање води адекватним инструкцијама.

Примјена проширене стварности, односно пјешчаног модела захтијева да се тај интерпретативни приступ у настави модификује и прилагоди погодностима које пружа употреба овог средства. Ладју и Шипли (2018) су, у већ наведеном истраживању, осмислили шему тока наставничког инструктивног рада на пјешчаном моделу приликом обраде наставних садржаја из домена картографије, односно проблема картографског приказа. Она је проистекла из истраживања које су провели, а које је анализирано утицај различитих типова инструкција приликом конструкције тродимензионалног модела рељефа, према приказу путем изохипси. У првој фази учесници истраживања су настојали да направе облике од пијеска без инструкција које би садржавале одређене просторне информације битне за правилну конструкцију рељефних облика – дакле без приказа на монитору или укљученог пјешчаног модела проширене стварности. Потом су у другој фази учесницима



Слика 40. Шема инструктивног рада наставника приликом поучавања принципа трансфера рељефности у доводимензионални приказ

Извор: Агайширано према (LaDue & Moore, 2018)

пружене наведене просторне инструкције на основу чега су могли кориговати прављени облик да би био у складу са задатком. Оваква процедура, показала је наводе Ладју и Шипли значајне позитивне резултате (ANOVA $F(1, 74)$) код ученика приликом израде заданих модела.

Дакле, очигледно је да наставник треба правовремено да пружи тзв. просторну повратну информацију (spatial feedback) при објашњавању кључних проблематичних дијелова. Другим ријечима, адекватна инструкција треба садржавати просторну информацију, а не само вербалну (слика 40). Та просторна информација коју ученик добија од стране наставника, у њиховом истраживању показало се највећи ефекат има када се добија преко пјешчаног модела проширене стварности, те уколико се она комбинује са дводимензионалним приказом.

Из шеме је, такође, видљиво да инструктивна дјелатност наставника уз употребу пјешчаног модела треба доћи након што ученици покушају креирати властити модел према задатим картама. На тај начин се истовремено откривају и, инструктивним радом отклањају, погрешна предзнања са којима ученици ступају у процес обраде ове врсте садржаја.

На основу увида о природи и врстама претходних знања, те њиховог превазилажења у току тзв. концептуалног учења које је изнијела Чи и истраживања о потреби и структури просторних повратних инструкција током рада на пјешчаном моделу (LaDue & Moore, 2018) урађена је следећа општа шема инструктивног рада по којој су направљени планови наставних јединица за рад са пјешчаним моделом проширене стварности.

Општа шема (модел) рада са пјешчаним моделом

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

- Контролни тест (усмени/разговор или писмени) у функцији откривања постојећих личних убјеђења и наставних садржаја која треба додати током уводног дијела, односно откривања постојећих разлика у предзнањима ученика.

У овом дијелу часа није нужна просторна повратна информација у виду моделовања путем пјешчаног модела или приказа рељефног облика на монитору или скици.

- Допуна потребних сазнања у виду вербалне или текстуалне, односно графичке инструкције.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ
МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА
– ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА

- У првом дијелу овог сегмента часа потребно је открити да ли ученици посједују одређени претходни ментални модел наставног садржаја (процеса) који се треба усвојити и уочити које су његове погрешне претпоставке. Овај дио такође не садржи инструктивни рад наставника који би подразумевао укључивање повратне просторне информације, односно размјену интерпретација која се одвија између ученика, наставника и наставног садржаја.

Активност наставника: ученицима даје задатак који подразумева да они сами настоје да конструишу одређене рељефне облике или репродукују процесе. Наставник пажљиво прати рад ученика и биљежи адекватне и неадекватне поступке.

Активности ученика: ученици настоје да ураде задатак и при том откривају колико и шта разумијевају, односно неразумијевају.

Током овог дијела часа постаје видљиво који ментални модел ученици користе за рјешавање проблема и који су сегменти поступка посебно проблематични.

- Други дио главног дијела часа

Активности наставника: На основу запажања која су проистекла праћењем рада ученика на конкретном задатку, наставник треба да коригује уочени погрешни ментални модел. Тај процес захтијева интеракцију између наставника, ученика и наставних садржаја а кључну улогу има правовремена и адекватна просторна повратна информација путем активирања пјешчаног модела проширене стварности у координацији са дводимензионалним приказима односно различитих графичким прилозима који су рађени на генеричком принципу. Наставник употребљава пјешчани модел да би заједно са ученицима демонстрирао како је претходно постављени задатак требао бити ријешен, указујући истовремено на разлоге погрешних поступака ученика.

Активности ученика: Ученике подстицати да што више објашњавају разлоге својих поступака приликом израде задатака. Такође, охрабривати их да постављају питања и да међусобно сарађују и разговарају о могућим проблемима и рјешењима.

Као резултат овог процеса ученици би требали усвојити исправан ментални модел поучаваног процеса, односно дошло би до тзв.

концептуалне промјене односно концептуалног учења. Послије инструктивног рада, ученици уз помоћ пјешчаног модела врше корекције неправилно урађеног задатка.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте који су довели до погрешних резултата и начине њихове корекције. Ученици дијеле своја позитивна и негативна искуства приликом рада на пјешчаном моделу проширене стварности. Према потреби дати задатак да се уради модел рељефа на основу изохипса или нпр. попречног профила.

Провјера рада система и покретање програма пјешчаног модела проширене стварности

Прије почетка непосредног наставног рада са ученицима, потребно је самостално извршити припрему пјешчаног модела за рад и провјерити његове функције и команде које ће бити кориштене у демонстрацији.

Не заборавити да је неопходно прво покренути пројектор, а тек потом и компјутер. У зависности како сте конфигурисали да се ваш систем стартује, софтвер се може покренути или аутоматски по покретању компјутера (креирањем аутостарта приликом инсталације) или укључењем путем посебно креиране иконе (икону такође морате направити приликом инсталације – видјети упутства у прилогу на крају књиге).

Пожељно је прије рада провјерити и функционисање основних команди, посебно укључивања и искључивања функција кише, поплаве и суше. Ове команде се могу по избору додијелити одређеним тастерима на тастатури, па ће и њихово укључивање зависити од тога о којим тастерима се ради. Практично је да се функција кише додијељује тастеру „R”, функција поплаве тастеру „F” а суше тастеру „D”. Основни ефекат кише могуће је, такође, укључити и уколико држимо руку или неки други предмет као што је нпр. кишни штап) изнад сандука са пијеском на одређеној висини. Ефекат поплаве добија се дакле преко притиска и држања тастера „F” и у зависности колико дуго држимо тастер притиснут, толики ће бити и интензитет поплаве. Ефекат суше, односно повлачења воде добијамо аналогно поплави, само што се ради о тастеру „D”. Провјерите функционисање ових тастера, односно наведене ефекте.

Припрема пјешчаног модела за рад захтијева највише времена за израду одговарајућег пјешчаног модела рељефа помоћу којег ће бити вршена

демонстрација жељених процеса и појава. Овај терен је најбоље изградити прије непосредног рада са ученицима, при том водећи рачуна о основним циљевима које треба постићи. Генерално посматрано, изграђени рељеф треба да има једно веће узвишење чија висина треба да буде таква да не буде поплављено приликом укључења ефекта поплаве (провјерите висину „плављењем”). Такође, изграђени рељеф треба да искаже разлике у нагибима (дакле треба имати једну страну стрмију) да би се могао демонстрирати утицај нагиба на изглед и распоред изохипси али такође и на функционисање слива и ерозије. У рељефу по потреби формирати и ријечно корито или језеро.

За рад на темама из топографије припремите, поред опреме за рад са пијеском, хамер папир или бијелу таблу за уцртавање тачака профила, милиметарски папир за ученике, летвицу за пренос висина на профил, фломастере, потребне карте и друго у складу са наставним садржајима који ће бити обрађени. Такође, припремите и средства за дезинфекцију руку и опреме у складу са епидемиолошким мјерама и прописима.

Демонстрација рада пјешчаног модела проширене стварности ученицима

Прије него што се крене у обраду планираног наставног садржаја, ученицима је неопходно објаснити укратко историјат, основне дијелове и принцип рада пјешчаног модела проширене стварности. И поред тога што су те области већ описане у претходном дијелу књиге, овдје ћемо дати њихов прикладан сажетак првенствено ради лакшег сналажења и уштеде времена приликом припреме наставника за рад са пјешчаним моделом.

Демонстрацију почети са објашњењем 3D камере.

Овај дио ће бити посебно интересантан ученицима јер су се многи од њих вјероватно сусрели са сличним уређајем јер се ради, како смо већ видјели, о уређају који је развијен првенствено за конзоле за играње видео игара. Ову чињеницу искористити у психолошком смислу зближавања ученика са пјешчаним моделом, њихову сензибилизацију за ново наставно средство са којим се још нису имали прилике сусрести. Наравно, кинект камера је, са аспекта мотивације, веома важан дио пјешчаног модела за психо-когнитивно увођење ученика у обраду наставног садржаја. Демонстрацију улоге кинект камере обавити на следећи начин: Разговор започети питањем да ли неко препознаје шта је то? Ако је одговор потврдан дати прилику ученицима да испричају о чему се ради. Искористити њихов одговор као увод да се детаљно објасни функција камере не улазећи превише у техничке детаље. Кад се добије пажња ученика, онда укључити софтвер и приказати дигитални садржај на припремљеном рељефу у пијексу. Рељеф треба

бити нешто сложенији да ефекат кинекта дође до изражаја. Повести разговор са ученицима како функционише тај приказ. Објаснити да камера има камеру и инфрацрвене сензоре који детектују покрете у видном пољу камере. Демонстрирати покрет у пијеску. Ти покрети се онда помоћу софтвера читавају и на основу њих се даје наредба софтверу да изврши промјене боја и линија изохипси. Изабрати пар ученика да направе неколико покрета и мијењају површину пијеска.

Потом прећи на објашњење пројектора. Објаснити да пројектор служи да се она слика са екрана компјутера у ствари пројектује на пијесак у сандуку. Демонстрирати функцију пројектора тако што ћемо затворити руком отвор пројектора и ученицима показати слику на екрану, а потом ослободити, пројектовати исту слику на пјешчани сандук. Тиме ће бити успостављена веза између кинект камере, рачунара (монитора), пројектора и сандука са пијеском, односно рељефних облика. Овај корак је веома битан да би касније ученици једноставније схватили односе између дводимензионалног приказа на монитору и тродимензионалног ефекта са облицима у пијеску. На слици испод су приказане основне радње у пјешчаном моделу проширене стварности.



Слика 41. Илустрација различитих радњи у пјешчаном моделу проширене стварности
Извор: Yotam & Twersky, 2020

Табела 8. Опис просторних радњи у пјешчаном моделу проширене стварности

Тип	Акција	Опис
Коришћење површине пијеска	Сакупљање	Стварање узвишења које може бити самостално, повезано са другим узвишењем или се налази уз оквир пјешчаног модела.
	Усјецање	Прављење граничних линија и површина или стаза помоћу равних или кривих линија.
	Утискивање	Притискивање дланом да би се на пијеску оставио отисак или да се учини компактнијим.
	Равнање	Поравнавање површине пијеска у циљу уклањања претходног облика.
Радње испод површине пијеска	Копање	Стварање удубљења у пијеску.
	Прављење тунела	Уклањање пијеска испод површине.
	Закопавање	Прекривање објекта пијеском.
	Откривање	Уклањање пијеска са објекта.
Употреба дигиталне воде	Изазивање кише	Отпуштање мање количине дигитализоване кише.
	Изазивање поплаве	Отпуштање велике количине дигитализованих падавина које површине не могу апсорбовати.
	Сушење	Уклањање воде са површине пијеска (притиском на одређени тастер на тастатури).
Радње које се односе на површину	Показивање	Усмјеравање нечије пажње на одређени дио пјешчаног сандука.

Извор: Yotam & Twersky, 2020

Практични дио рада са пјешчаним моделом проширене стварности

Овај дио књиге састоји се од детаљних планова рада са пјешчаним моделом проширене стварности. Планови рада, односно наставне припреме урађене су на основу опште шеме рада која је базирана на интерпретативном моделу наставног процеса и чији је циљ појављивање тзв. концептуалног учења. Приликом планирања поступака обраде наставних садржаја вођено је рачуна да буду прилагођени узрасту ученика, односно њиховим когнитивним могућностима, које су се првенствено односиле на развој пројективне просторности. Исти наставни садржаји су обрађени за млађе и старије узрастне групе¹ (или су издвојени елементи просторног мишљења), односно за ученике нижих и виших разреда основне школе, односно ниже разреде средње школе. Наравно, планови се уз мање модификације могу користити и на факултетима или за демонстрацију одређених концепција из области геонаука.

Такође, за сваки план рада урађена је и табела у којој су издвојени основни елементи просторног мишљења чији би развој и практиковање могао бити подстицан током рада на пјешчаном моделу проширене стварности. Ови елементи припреме су издвојени посебно ради прегледности тока наставе иако су, наравно саставни и јако важан сегмент планираног рада који треба да се имплементира на одговарајућим дијеловима у току рада на пјешчаном моделу.

Такође, потребно је напоменути да ови планови рада нису пратили конкретне наставне планове и програме, односно нису увезани у конкретне наставне јединице. Основна идеја је била да фокус обраде наставних садржаја буде фокусиран на оне дијелове наставних јединица који ученицима

1 Осим наставног садржаја Климатске промјене и дизање нивоа мора који су планирани само за ученике виших разреда. Уз мању модификацију могуће је наравно план користити и за ниже узрасте.

задају највише проблема приликом разумијевања. Сматрамо да је овакав приступ оправдан и због саме природе пјешчаног модела проширене стварности чија употреба још задуго неће бити у стандардном опису дидактичких средстава које посједују школе и факултети, па се треба користити циљано.

1. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности

Наставни садржај: Приказ рељефа на карти

План рада за ученике нижих разреда основне школе

Циљ ове наставне јединице јесте да ученици добију основна знања о односу између рељефа, дакле стварних облика које они сусрећу крећући се



Слика 42. Прибор за рад са пјешчаним моделом

свакодневно и њихових приказа на равној површини односно на карти било које врсте. Ево добре напомене – урадити дио и за приказ бојама али и за топографску карту. Према Пијажеу ученици са навршених осам година имају развијене когнитивне структуре да могу схватити основни принцип преноса рељефности на равну површину. Успјех наставне јединице наравно осим овог предуслова подразумијева и адекватан приступ наставника у планирању наставне јединице и кориштењу пјешчаног модела проширене стварности. Између осталог кључни аспекти успјешно обављене демонстрације везани су и за повезивање свакодневног живота ученика и планираних наставних садржаја, сензибилизација ученика на рад са пјешчаним моделом, те подстицање на размишљање, сарадњу и разговор.

Обзиром на узраст ученика, потребно је припремити и дрвени подест да би се осигурао комфоран и сигуран приступ ученика пјешчаном моделу. Потребно је простор опремити са лопатицама и грабљикама за рад у пијеску, одређеним фигурицама аутомобила, људи или животиња, стамбених објеката итд. Од прибора за рад потребно је имати и дрвене летвице различитих дужина, мало већи комад тврђег картона или шперплоче. Такође, хигијенски услови налажу да на располагању буду и марамице за дезинфекцију руку и опреме.

Кључни појмови: рељеф, рељефни облици, карта, тродимензионалност, дводимензионалност, нагиби, надморска висина, локација, висинска зона, пројекција, птичја перспектива, методе боја и линија.

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ
УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА
У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

У оквиру интерпретативног приступа који има за циљ концептуалну промјену неадекватних предзнања ученика, односно концептуално учење, прва фаза планирања наставног садржаја подразумијева да уводни дио, осим психолошког и когнитивно-мотивационог аспекта, буде конципиран на тај начин да открије пропусте и празнине у знањима са којима ученик улази у наставни процес.

Наставни разговор се показао као најефикаснији за ту сврху, посебно са ученицима нижих узраста. Наставник на почетку треба да ученицима покаже различите врсте географских карата, почев од оних најстаријих, преко оних које имају и умјетничке аспекте, па до разних врста топографски, тематских, намјенских итд.

Са ученицима започети и разговор о томе гдје су видјели карте, чему оне служе, шта се на њима налази? Ово задње питање ће разговор одвести у правцу концепта рељефа, па ће сљедеће питање, односно тема уводног разговора шта је то рељеф. Лична погрешна убјеђења ће се углавном односити на изостављање удубљења, рељефне облике испод нивоа мора итд., што треба онда *додати*, односно *доунијети* *и* празнине.

Ученицима демонстрирати различите облике рељефа путем илустрација и слика и онда, заједно са њима, направити неки рељеф у пијеску сендбокса без укључивања пројекције.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА (ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА)

Главни дио часа започети настојањем да ученици схвате темељне функције карте и каузалне везе између рељефа и његовог приказа на карти. Повести дијалог са ученицима на тему због чега је рељеф потребно представити на карти?

Саслушати њихове одговоре и употријебити фигурице људи или аутомобила на направљеном рељефном облику да се схвати тај однос људске потребе за кретањем и дјеловањем с једне и карте с друге стране. При том постављати питања која ће подстицати ученике на разговор као што су којим рељефним обликом се најбоље кретати, због чега итд.

На тај начин ученици постепено откривају принцип властитог размишљања о односу просторности и живота. Истовремено, овај дио часа представља и увод у откривање менталног модела везано за конкретну тему – однос рељефности и карте, односно приказ рељефа на картама. Кључно питање са којим треба почети овај сегмент јесте на које начине је могуће представити рељеф на карти? Ученицима дати задатак да они покушају да прикажу на листу папира рељефни облик који је направљен у пјешчаном моделу проширене стварности. Он треба бити без укљученог софтвера за пројекцију изохипси и боја.

Саслушати њихове идеје и приједлоге на основу којих би се показао

и ментални модел помоћу којег ученици схватају релацију рељефности облика и његовог картографског приказа.

Потом укључити софтвер на пјешчаном моделу и питати их шта примјећују? Ученици ће прво примјетити боје. Подстаћи дискусију на тему различитих боја на приказу у циљу увиђања односа боје и рељефа. Питати их шта мисле зашто су боје различите? Саслушати одговоре а потом урадити неки захват на пијеску, рећи им да прате промјене боја. Ова врста просторне повратне информације помоћи ће ученицима да схвате да боје имају везе са висинама. Ову инструкцију пропратити са додатним информација о подјели рељефа према висини. За демонстрацију направити и дрвену летвицу која на себи има обојени дио за равнице, брда и планине – наравно у одговарајућој размјери сходно пјешчаном моделу, односно пројектованим бојама.

КОНСТРУКЦИЈА МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА ПРОЈЕКТОВАЊА

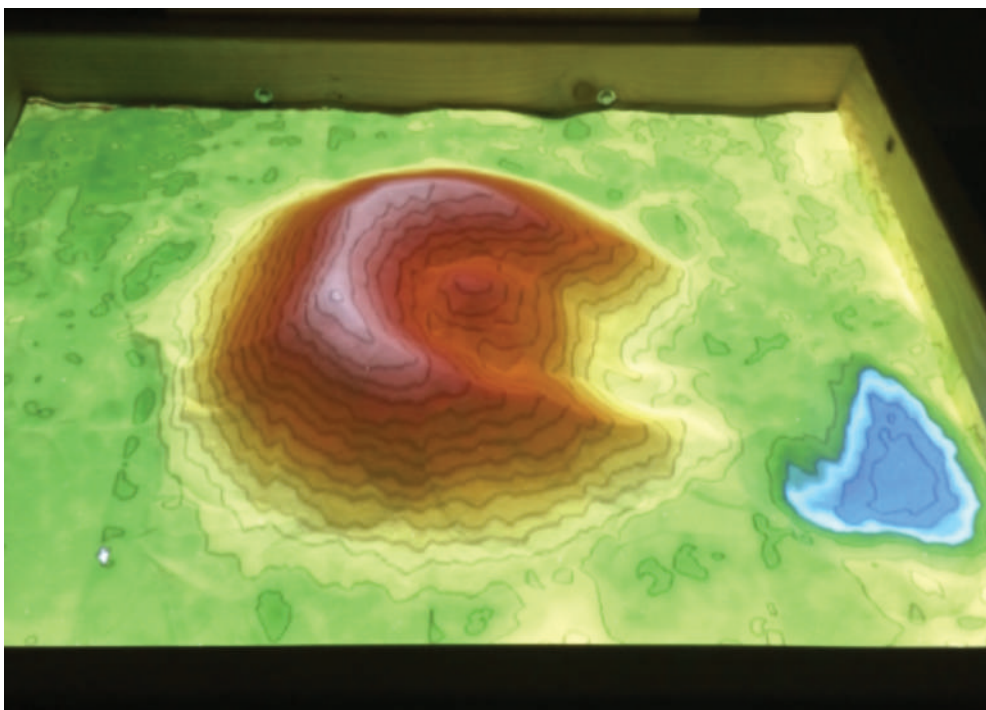
Послије овог сегмента часа искључити пројекцију на пјешчаном моделу и вратити се анализи њихових урађених задатака. Кључни дио је да ученици конструишу знање како се врши пројекција тродимензионалног рељефа на равну површину.

Ученике питати како би они рељефни облик из пјешчаног модела приказали на табли или плочи стола. Да би ученицима пластично демонстрирали проблем покушати „згњечити” направљени рељеф. Питати зашто приказ рељефа није могуће урадити на тај начин. Одговори су: *не би видјели висину, све би било равно, не би било брда...*

Овај увид је од пресудног значаја за прелаз ка усвајању менталног модела принципа приказа рељефа на раван. Кључ је у томе да разумију како је могуће урадити тај пренос а да брдо ипак на неки начин буде приказано. Да би конструкција менталног модела била успјешна потребна је инструкција у виду додатне просторне информације помоћу пјешчаног модела AR.

Укључити поново приказ боја и изохипси на рељефни облик који се налази у пјешчаном моделу. Изнад рељефног облика поставити комад тврђег картона или шперплоче. На тај начин се, у ствари, добија жељени приказ рељефног облика. Питати ученике шта се догодило и шта, у ствари, виде?

Овим поступком ученицима постаје очигледан тражени принцип преноса рељефности на равну површину, односно приказ



Слика 43. Једноставни облик рељефа приказан у окружењу пјешчаног модела проширене стварности

тродимензионалног на двије димензије што доводи до корекције претходног модела и усвајања исправног менталног модела.

Провјера успјешности овог процеса може бити извршена тако што ћемо ученицима дати да направе одређени рељефни облик (искључити софтвер док они раде) а потом поновити поступак са картоном.

Могуће је урадити и обрнуто да се ученицима да једноставнији картографски приказ (пошто се ради о нижим узрастима користити боје а не изохипсе) и онда им задати да покушају радити тај облик рељефа од пијеска.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте који су довели до погрешних резултата и начине њихове корекције. Ученици дијеле своја позитивна и негативна искуства приликом рада на пјешчаном моделу проширене стварности.

Табела 9. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја
Приказивање рељефа на карти за млађе узрасте

Наставни садржај: Приказивање рељефа на карти Елементи просторног мишљења за млађе узрастне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Примитивни	Идентитет: (рељеф, рељефни облик, равнице, брда, планине и депресије)	Идентификација рељефа и различитих рељефних облика. Њихова класификација према надморској висини.	Унутрашње-статична
	Идентитет: (карта, врсте карата)	Идентификација карте и класификација карата према намјени.	Унутрашње-статична
	Идентитет: (Картографски знакови)	Препознавање различитих врста рељефних облика и њихово лоцирање у свом завичају.	Унутрашње-статична
	Локација: (мјесто појединих рељефних облика)	Препознавање различитих картографских знакова и повезивање са њиховим објектима у природи.	Унутрашње-статична
	Магнитуда: (надморска висина и површина;	Схватање разлика у величинама појединих рељефних облика (како надморске висине, тако и површине).	Унутрашње-статична
	Површина рељефа и површина његовог приказа;	Разумијевање надморске висине.	Унутрашње-статична
		Схватање потребе за израдом карата различитих димензија).	Унутрашње-статична
Једноставни	Релативна удаљеност: (релативна висина, пут, дужина, нагиб терена)	Схватање разлике између релативне и надморске висине. Разумијевање односа удаљености, тј. пређеног пута и различитих нагиба рељефа.	Унутрашње-статична
	Дистрибуција: (Границе распрострањења)	Разумијевање граничних линија између појединих рељефних облика.	Унутрашње-статична
	Поредак/секвенца Метода боја;	Разумијевање односа различитих боја на приказу и рељефних облика.	Унутрашње-динамична
Компликовани	Репрезентација; (метод боја)	Схватање да боје представљају висинске зоне рељефа.	Унутрашње-динамична

Наставни садржај: Приказивање рељефа на карти Елементи просторног мишљења за млађе узрастне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Комплексни	Виртуелни простор; (метод боја)	Разумијевање начина на који пјешчани модел проширује стварност односно „боји” рељеф обзиром на висину рељефног облика.	Унутрашње-динамична

2. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности

Наставни садржај: приказ рељефа на карти

План рада за ученике старијих узрастних група

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

У оквиру интерпретативног приступа који има за циљ концептуалну промјену, односно концептуално учење, прва фаза планирања наставног садржаја подразумијева да уводни дио, осим психолошког и когнитивно-мотивационог аспекта, буде конципиран на тај начин да открије пропусте и празнине у знањима са којима ученик улази у наставни процес.

Наставни разговор се показао као најефикаснији за ту сврху, посебно са ученицима нижих узраста. Наставник, на почетку, треба да ученицима покаже различите врсте географских карата, почев од оних најстаријих, преко оних које имају и умјетничке аспекте, па до разних физичко-географских, топографских и карата различитог размјера и намјене.

Са ученицима, дакле, започети и разговор о томе гдје су видјели карте, чему оне служе, шта се на њима налази? Слично као и у претходном плану рада, главна тема уводног разговора биће карактеристике рељефа и повезаност рељефа и карте. Ово задње питање ће разговор одвести у правцу концепта рељефа, па ће слједеће питање, односно тема уводног разговора шта је то рељеф. Лична погрешна убјеђења ће се углавном односити на изостављање удубљења, рељефне облике испод нивоа мора итд., што треба онда *догађати*, односно *доунијети* празнине.

Ученицима демонстрирати различите облике рељефа путем илустрација и слика и онда, заједно са њима, направити неки рељефни облик у пијеску сендбокса без укључивања пројекције.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА (ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА)

Уводни дио главног дијела часа, према предложеној пракси, потребно је посветити оним активностима које имају за циљ откривање постојећих менталних модела главних принципа везаних за циљеве наставне јединице. Пошто се у овом случају ради о ученицима старијих узраста и картографски наставни садржаји биће доста комплекснији него што је то било у претходном плану рада.

Инструктивни наставнички рад који треба довести до разумијевања конструкције картографског приказа захтијева неколико сукцесивних корака, односно степеница. Свака од њих је нужна и не смије се прескочити. Такође, свака од њих захтијева и поступак којим се открива начин претходног, односно постојећег разумијевања траженог наставног садржаја код ученика.

Да би ученици правилно схватили принцип настанка карте и њене функције, те однос картографског приказа и конкретног рељефа, нужно је разумијевање суштине **ортогоналне пројекције** и схватање функције **просторне дистрибуције објеката** као кључних способности код ученика. Наравно, у базичне предуслове спада и разумијевање размјера али за наше потребе овај аспект картографске писмености неће бити кључан, па тиме и неће бити укључен у разматрање.

Активност наставника – Према томе задатак наставника јесте да а) прво открије ментални модел разумијевања принципа ортогоналне пројекције и да б) потом подузме активности на степен и дубину разумијевања суштине концепције просторног размјештаја објеката у оквиру ње.

У циљу откривања принципа и законитости ортогоналне пројекције потребно је да наставник прво демонстрира различите видове пројекција. Претходно је потребно припремити одређени предмет и његов изглед пројектован у различитим равнима ортогоналне пројекције (хоризонталну, вертикалну и бочну). Ученицима објаснити да је ортогонална пројекција која нас интересује (тлоцрт), у ствари, оно што видимо на тродимензионалном предмету када га посматрамо из

перспективе која је под углом од 90 степени у односу на хоризонталну раван, односно одозго.

Урадити **краћи тест** да ученици скицирају површину свог радног стола са предметима који се налазе на њему онако како се она види из птичје перспективе.

Напомена: Уколико буде потребно и ако временска артикулација дозволи, са ученицима разговарати о проблему генерализације географских садржаја. Шта би изабрали у стварном свијету – на некој ливади, у граду, у својој соби или стану итд.

Узети мноштво предмета и попунити цијели радни сто – потом усликати мобилним телефоном и приказан на пројектору слику. Разговарати са ученицима шта виде.

Уочене неправилности у разумијевању и рјешавању задатка потребно је кориговати укључивањем просторне повратне информације. Ефикасан начин демонстрације јесте кориштење камере мобилног телефона. Потребно је усликати површину стола аналогно ортогоналној пројекцији и објаснити ученицима који нису схватили принцип тог пројектовања и размјештаја објеката.

Исправан ментални модел ортогоналне пројекције и просторног размјештаја подразумијевао би да ученици могу самостално и релативно тачно да разумију како она функционише и зашто приказани објекти изгледају другачије кад се посматрају из те перспективе.

Откривање и корекција менталног модела принципа просторне дистрибуције објеката

Задатак. Ученицима дати задатак да покушају наћи начин да се одреде тачна мјеста појединих предмета тако да би их када се они склоне поново могли вратити на исто мјесто (наравно без цртања по столу). Као илустрацију показати им различите координатне системе. Пратити пажљиво рад ученика и посматрати њихове покушаје. Разговарати о проблемима и главним нејасноћама.

Повратна просторна информација која ће помоћи ученицима састоји се у томе што ће се уз помоћ снимка стола из претходне инструкције, ученицима показати како функционише систем референције. Ивице стола на снимку послужиће као координатне осе. Објаснити ученицима потребу расподеле размака и њихових бројних ознака на осама. Заједно са ученицима одредити координате неког од предмета.

Схватањем ова два принципа створени су предуслови за релативно брзо схватање и принципа преноса физичког рељефног облика на топографску површину, односно карту.

ЗАДАЦИ И ИНСТРУКЦИЈА НА ПЈЕШЧАНОМ МОДЕЛУ ПРОШИРЕНЕ СТВАРНОСТИ. КА КОНЦЕПТУАЛНОЈ ПРОМЈЕНИ

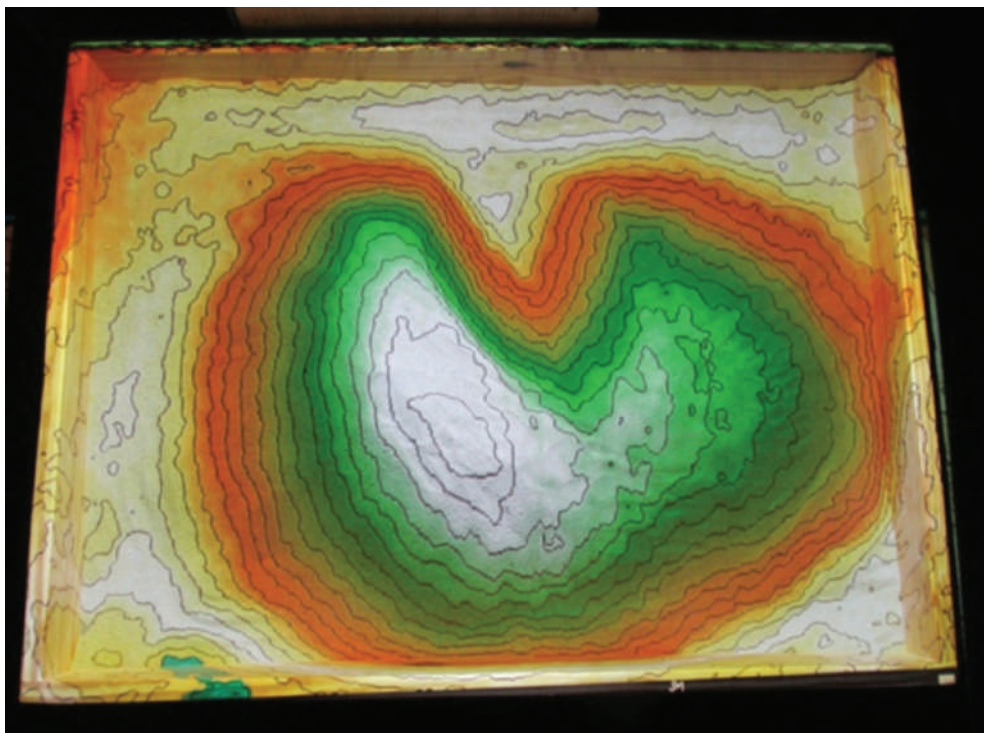
Задатак наставити на пјешчаном моделу у којем је претходно направљен сложенији рељефни облик који треба имати два узвишења различите висине и различитих нагиба (слика доле).

Ученицима дати задатак да они покушају на листу папира да прикажу рељефни облик. Пјешчани модел у овој фази треба бити без укљученог софтвера за пројекцију изохипси и боја.

Потом укључити софтвер на пјешчаном моделу и питати их шта примјећују?

Ученици ће прво примјетити боје, на што се кратко осврнути и дискусију усмјерити ка линијама, односно изохипсама. Подстаћи дискусију на тему различитих линија на приказу у циљу увиђања односа линија и рељефа. Питати их шта мисле зашто линије имају такав облик?

Саслушати одговоре а потом урадити неки захват на пијеску, рећи



Слика 44. Изглед рељефног облика у пјешчаном моделу проширене стварности
Извор: (Woods, T.L. et al., 2016)

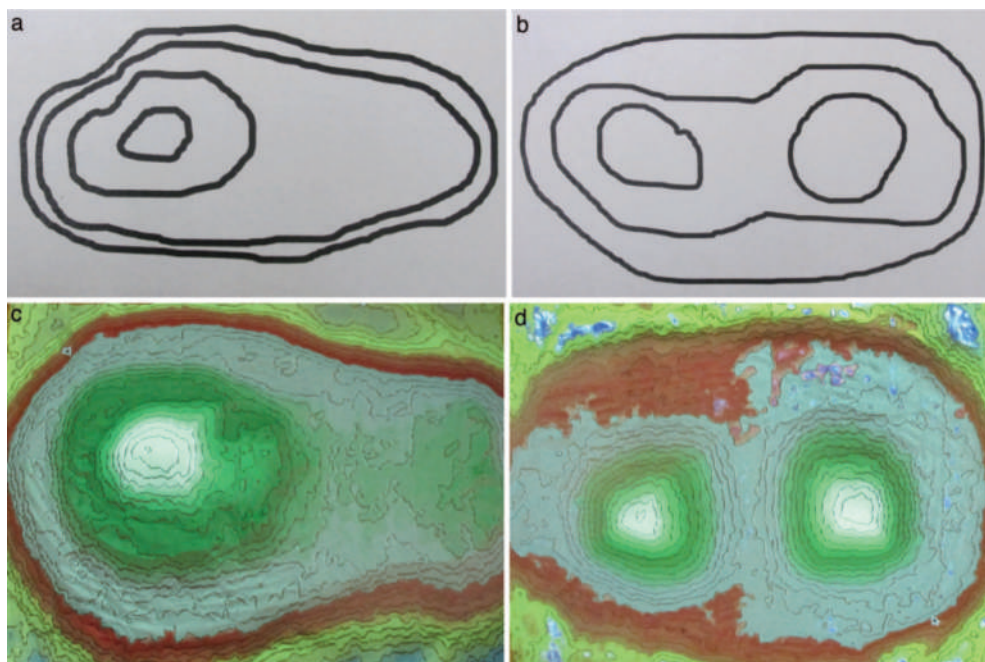
им да прате промјене линија. Ова врста просторне повратне информације помоћи ће ученицима да схвате повезаност изохипса са висинама. Инструкцију пропратити са додатним информација о подјели рељефа према висини.

За демонстрацију направити и дрвену летвицу која на себи има означене висине у одговарајућој размјери сходно пјешчаном моделу, односно пројектованим изохипсама.

КОНСТРУКЦИЈА МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА ПРОЈЕКТОВАЊА

Послије овог сегмента часа искључити пројекцију на пјешчаном моделу и вратити се анализи њихових урађених задатака. Анализирати главне проблеме и нејасноће са ученицима. Искуства са радом на картографским проблемима приказа рељефа показују да је кључни проблем неразумијевање начина на који се задржавају: а) висина приказаног рељефа и с тим у вези б) приказ висинских односа нагиба .

Да би конструкција исправног менталног модела којим ови проблеми



Слика 45. Изграђени рељефни облици у пјешчаном моделу (доље) и урађене скице њихових изохипси (горе)

Извор: (Woods, T.L. et al., 2016)



Слика 46. Различити облици изохипси на основу којих треба израдити рељефне облике на пјешчаном моделу проширене стварности

бивају успјешно разријешени потребна је инструкција у виду додатне просторне информације помоћу пјешчаног модела AR.

Укључити поново приказ боја и изохипси на рељефни облик који се налази у пјешчаном моделу. Изнад рељефног облика поставити комад тврђег картона или шперплоче. На тај начин се, у ствари, добија жељени приказ рељефног облика. Питати ученике шта се догодило и шта, у ствари, виде?

Овим поступком ученицима постаје очигледан тражени принцип преноса рељефности на равну површину, односно приказ тродимензионалног на двије димензије што доводи до корекције претходног модела и усвајања исправног менталног модела.

Провјера успјешности овог процеса може бити извршена тако што ћемо ученицима дати да направе одређени рељефни облик (искључити софтвер док они раде), а потом поновити поступак са картоном.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте који су довели до погрешних резултата и начине њихове корекције. Ученици дијеле своја позитивна и негативна искуства приликом рада на пјешчаном моделу проширене стварности.

Било би пожељно да ученици на основу датих једноставнијих топографских скица направе облике рељефа од пијеска у пјешчаном моделу.

Табела 10. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја *Приказивање рељефа на карти* за старије узрасте

Наставни садржаји: приказивање рељефа на карти Елементи просторног мишљења за старије узрастне групе ученика Напомена: примитивни и једноставни концепти су већ описани у претходној табели за млађе ученике.			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Тешки	Референтни оквир	Схватање принципа географског координатног система.	Вањско-статични
		Разумијевање просторног размјештаја објеката и одређивања њиховог положаја на приказу.	Вањско-статични
	Угао	Схватање углова нагиба терена.	Вањско-статични
Компликовани	Репрезентација; (изохипсе)	Схватање да боје представљају висинске зоне рељефа.	Вањско-статични
Комплексни	Виртуелни простор; (изохипсе)	Разумијевање начина на који пјешчани модел проширује стварност односно позиционира изохипсе обзиром на висину и нагибе рељефног облика.	Унутрашње-динамична
	Картографска пројекција	Схватање принципа ортогоналне пројекције.	Вањско-статични
		Разумијевање промјене изгледа рељефног облика приликом пројектовања.	Вањско – динамични
	Искривљење (Деформација)	Разумијевање промјена које се дешавају на облику приликом пројекције.	Вањско – динамични

3. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности

Наставни садржај: Топографски (попречни) профили рељефа

План рада за ученике млађих узрастних група

Ови садржаји би требали бити обрађени после потпуног разумијевања и усвајања принципа конструкције изохипси од стране ученика.

Друга веома значајна тема у оквиру топографије, односно картографије која ученицима представља приличан проблем за разумијевање јесте конструкција приказа попречног профила рељефа. Разлози тешкоћа схватања принципа на којем функционише одређивање попречног профила заправо су аналогни разлозима који су узрок неразумијевања и принципа конструкције изохипси. Помоћу изохипса, како смо видјели, тродимензионална

рељефност бива „пребачена” у двије димензије, док попречни профил на извјесни начин рељефу приказаном на топографској карти „враћа” висину. Уколико ученици правилно усвоје принцип конструкције изохипси, онда не би требали имати значајнијих проблема у разумијевању настанка попречног профила рељефа.

Пјешчани модел проширене стварности, као нека врста лабораторије за динамичну манипулацију рељефом и његовим топографским приказом, представља веома једноставно и ефикасно наставно средство за објашњење принципа добијања попречног профила.

Кључни појмови: топографска површина, профил, вертикала, надморска висина, кота, еквидистанца, нагиб терена.

Потребни материјал: Прибор за рад са пијеском. Дебљи конац или тањи канап јарке боје. Тање и дуже летвице или тањи раван дрвени штап. Фломастер. Бијела табла или комад хамер папира димензија А1 (594 × 840 mm)

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

Наставник улази у дијалог са ученицима настојећи да открије да ли ученици имају адекватна претходна појмовна знања која су потребна за разумијевање принципа конструкције попречног профила рељефа. Пластично треба да објасни појам профила, најбоље приказом слика или цртежа профила лица човјека. Објаснити разлику између уздужног и попречног профила. Допунити знања о појму вертикалне линије и надморске висине уколико недостају.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ
МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА
– ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА

На почетку главног дијела часа кључно је увидјети на који начин ученици схватају суштину попречног рељефног профила: Другим ријечима

наставник треба да открије полазне претпоставке које ученици имају, односно да открије њихов ментални модел конструкције профила како би евентуално извршио његову корекцију. Да би то било могуће ученици требају да „покажу” своје виђење рељефног пресека кроз израду конкретног задатка.

Овај дио такође не садржи инструктивни рад наставника који би разумијевао укључивање повратне просторне информације, односно размјену интерпретација која се одвија између ученика, наставника и наставног садржаја.

Активност наставника: Обзиром да су на претходним вјежбама ученици усвојили принцип представљања рељефности на раван, они имају предзнања за израду једноставног попречног профила. У овом узрасту није могуће ни потребно укључивати концепције размјера и координатног система. Ученицима треба задати да ураде попречни профил једноставног рељефног облика. У уводном дијелу наставник је објаснио шта је то профил уопште, па сада прије задатка треба да објасни шта је попречни профил у рељефу. Демонстрација може започети тако што ће наставник припремити готове профиле, те ученицима показати прво како тај терен изгледа на топографској карти а како кад се уради попречни профил. Ефикасан начин приказа профила јесте нпр. пресецањем неког воћа – крушке на којој смо претходно нацртали линију и извршили пресецање по линији. На тај начин ученици схватају шта у суштини значи попречни профил рељефа.

Потом се ученицима даје задатак да ураде профил на већ унапријед припремљеном рељефном облику на пјешчаном моделу без укључивања софтвера за приказ боја и изохипса.

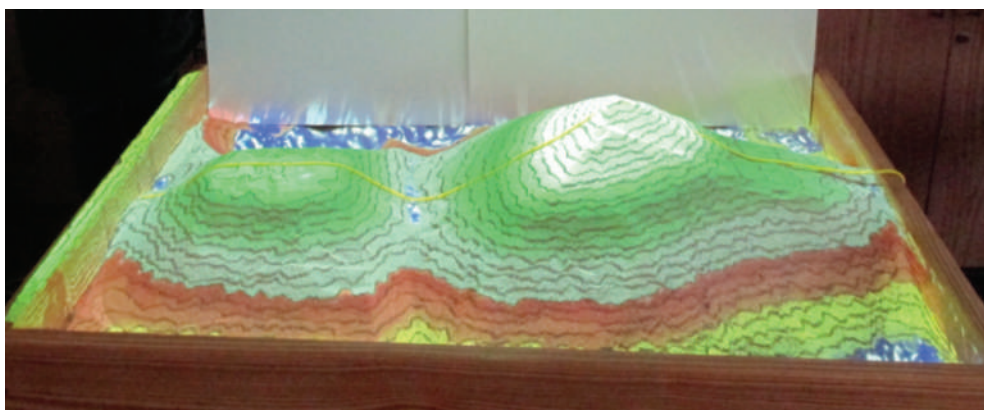
Наставник пажљиво прати рад ученика и биљежи адекватне и неадекватне поступке ученика.

Активности ученика: ученици настоје да ураде задатак и при том откривају колико и шта разумијевају, односно неразумијевају.

Током овог дијела часа постаје видљиво који ментални модел ученици користе за израду попречног пресека рељефа и који су им сегменти поступка посебно проблематични.

ДРУГИ ДИО ГЛАВНОГ ДИЈЕЛА ЧАСА

Активности наставника: На основу запажања која су проистекла праћењем рада ученика на конкретном задатку, наставник треба да коригује уочени погрешни ментални модел. Тај процес захтијева интеракцију између наставника, ученика и наставних садржаја а кључну



Слика 47. Одређивање попречног профила рељефа помоћу пјешчаног модела проширене стварности

Извор: (Woods, T.L. et al., 2016)

улогу има правовремена и адекватна просторна повратна информација. Она је у случају када се ради попречни рељефни профил са ученицима нижих узраста таква да се преко рељефног облика у пјешчаном моделу на основу којег су ученици радили профил положи дебљи конач или тањи канап јарке боје који има улогу да ученици јасно уоче линију профила (слика 47). Потом се укључи софтвер за пројектовање изохипси и боја на рељефни облик, да ученици јасно могу видјети и топографски приказ. Поступак демонстрације се наставља тако што ученици помоћу летвица пренесу кључне висине рељефног облика на бијелу таблу (обиљеже се тачке) или припремљени хамер папир који је позициониран на ивицама пјешчаног модела. Завршна фаза демонстрације профила јесте спајање обиљегених тачака и формирање линије профила. Активности демонстрације треба да спроводе сами ученици уз краћа упутства наставника. Током демонстрације ученике подстицати да што више објашњавају разлоге својих поступака приликом израде задатка, посебно се осврћући на проблеме и нејасноће. Такође, охрабривати их да постављају питања и да међусобно сарађују и разговарају о могућим рјешењима.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА – АНАЛИЗА И КОНТРОЛНА ВЈЕЖБА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте који су довели до погрешних резултата и начине њихове корекције. Потом им даје задатак да на основу припремљених једноставнијих попречних профила ураде рељефни облик на пјешчаном моделу.

Табела 11. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја *Појречни ђрофил рељефа* за млађе узрасте

Наставни садржаји: топографски (попречни) профил рељефа Елементи просторног мишљења за млађе узрасне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Примитивни	Идентитет: (профил)	Идентификација различитих врста профила.	Унутрашње-статична
	Магнитуда: (надморска висина и површина)	Схватање разлика у величинама појединих рељефних облика (како надморске висине, тако и површине).	Унутрашње-статична
		Разумијевање надморске висине.	Унутрашње-статична
Једноставни	Релативна удаљеност: (пут, дужина, нагиб терена)	Разумијевање односа удаљености између почетне и завршне тачке профила.	Унутрашње-статична
	Дистрибуција: (границе распрострањења)	Разумијевање прелаза између појединих рељефних облика на профилу.	Унутрашње-статична
	Поредак/секвенца попречност и уздужност	Разумијевање правца пружања појединих линија пресека профила.	Унутрашње-статична
	Облик: (облик рељефа и облик приказа)	Схватање формирања облика рељефа на профилу.	Вањско-статична

4. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности за наставни садржај попречни профил рељефа.
Ниво: старије узрасне групе

Кључни појмови: изохипсе, еквидистанца, нагиб терена, рељефни профили, размјер, координатни системи

Потребни материјали: прибор за рад са пијеском, милиметарски папир, топогарфска карта, фломастер, дрвене летвице, бијела табла или хамер папир А1.

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

Наставник улази у дијалог са ученицима настојећи да открије да ли ученици имају адекватна претходна појмовна знања која су потребна за разумијевање принципа конструкције попречног профила рељефа. Демонстрирати припремљене различите попречне профиле. Разговарати са ученицима о смислу утврђивања попречних рељефних профила и њиховој примени у свакодневном животу и науци. Допунити знања о појмовима координатног система, еквидистанце и размјера уколико недостају.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА – ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА)

На почетку главног дијела часа кључно је да наставник открије на који начин ученици „виде” попречни профил, односно да открије њихов ментални модел конструкције профила како би евентуално извршио његову корекцију. Најбољи пут ка томе јесте да се ученицима да да ураде конкретни задатак и тако „покажу” своје виђење рељефног пресека.

У овом сегменту обраде наставног садржаја, наставник не врши корекцију модела нити пружа инструкције које би садржале просторне информације, него пажљиво прати поступке ученика настојећи да схвати начине на који ученици приступају изради попречног профила рељефа.

Активност наставника: У овом узрасту ученика, за разлику од примјера из претходног плана рада, потребно је у задатку укључити и концепције размјера и координатног система, наравно основна знања о изохипсама. Прије задатка треба да објасни шта је попречни профил рељефа. Наставник прво показује како уопште изгледају попречни профили демонстрацијом на припремљеним урађеним примјерима који треба да обухвате различите типове рељефа.

Ученицима, такође, показати прво како тај терен изгледа на топографској карти, а како кад се уради попречни профил.

Потом се ученицима даје задатак да ураде профил на већ унапријед припремљеном рељефном облику на пјешчаном моделу без укључивања софтвера за приказ боја и изохипса. Рељеф треба да има нешто сложенији облик, да приказује терен различитих нагиба.

Наставник пажљиво прати рад ученика и биљежи адекватне и неадекватне поступке ученика.

Активности ученика: ученици настоје да ураде задатак и при том откривају колико и шта разумијевају, односно неразумијевају.

Током овог дијела часа постаје видљиво који ментални модел ученици користе приликом израде попречног пресека рељефа и који су им сегменти поступка посебно проблематични.

ДРУГИ ДИО ГЛАВНОГ ДИЈЕЛА ЧАСА

Активности наставника: На основу запажања која су проистекла праћењем рада ученика на конкретном задатку, наставник треба да коригује уочени погрешни ментални модел. Тај процес захтијева интеракцију између наставника, ученика и наставних садржаја а кључну улогу има правовремена и адекватна просторна повратна информација. Она је слична као и када се ради попречни рељефни профил са ученицима нижих узраста – преко рељефног облика у пјешчаном моделу на основу којег су ученици радили профил: положи се дебљи конац или тањи канап јарке боје који има улогу да ученици јасно уоче линију профила (слика 47). Потом се, такође, укључи софтвер за пројектовање изохипси и боја на рељефни облик да ученици јасно могу видјети и топографски приказ. Поступак преноса висина рељефног модела у пијеску је такође сличан (ученици помоћу летвица преносе кључне висине рељефног облика на бијелу таблу (обиљеже се тачке) или припремљени папир (слика 49).

Међутим, када се овај наставни садржај ради са ученицима виших разреда основне школе или нижих разреда средњих школа ово преносење тачака потребно је урадити у тачно одређеном размјеру, дакле у координатном систему и са правилним преносом висина.

Наставник у завршном дијелу пружа тзв. просторну информацију која омогућава ученицима да схвате односе рељефности, изохипса, размјера и попречног профила тако што се заједно са ученицима пренос висина ради у нацртаном адекватном координатном систему на бијелој табли. Тако је ученицима омогућено да виде истовремено на једном приказу и тродимензионални рељефни облик и припадајуће му изохипсе, односно топографску карту и попречни профил тог облика!

Пјешчани модел проширене стварности показује свој изузетан дидактички потенцијал и флексибилност употребе управо у овом поступку јер омогућава интеграцију тродимензионалне просторне информације, са дводимензионалним приказима – изохипсама и приказом попречног профила рељефа.

Током демонстрације ученике подстицати да што више објашњавају проблеме и нејасноће на које су наишли током рада на задатку и

да настоје показати како им је демонстрација путем пјешчаног модела помогла да дођу до рјешења.

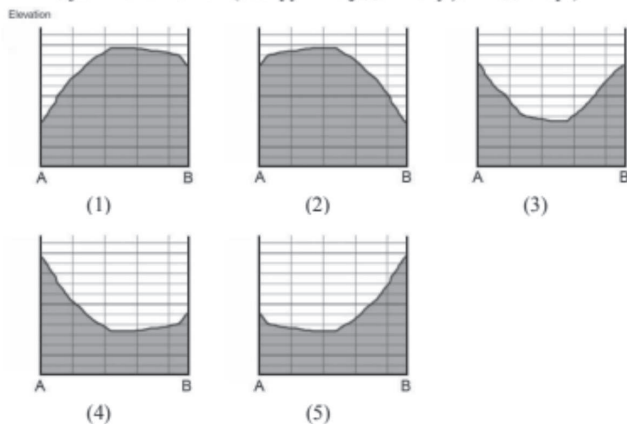
ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА – АНАЛИЗА И КОНТРОЛНА ВЈЕЖБА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте који су довели до погрешних резултата и начине њихове корекције. Потом им даје задатак да на основу припремљених попречних профила ураде рељефни облик на пјешчаном моделу.

УПУТСТВО: Да бисте ријешили овај задатак замислите да стојите у тачки X (погледајте скицу испод) и да гледате у правцу тачака A и B.

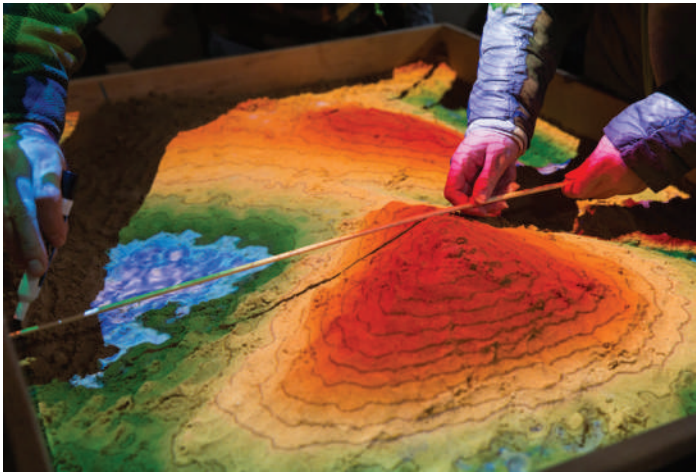


Који од понуђених 5 вертикалних профила најбоље представља изглед терена који би видјели из тачке X? (Закружите **један** понуђени одговор!)



Слика 48. Задатак за завршни дио часа. Одабрати одговарајући профил и реконструирати рељефни облик. Приказан на карти

Извор: Трифуновић, 2020в



Слика 49. Пренос висина са рељефног облика израђеног у пјешчаном моделу AR на таблу приликом поступка израде попречног профила
Извор: Watson, 2019.

Табела 12. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја
Појречни ѿрофил рељефа за старије узрасге

Наставни садржаји: Топографски профили Елементи просторног мишљења за старије узрасне групе ученика Напомена: примитивни и једноставни концепти су већ описани у претходној табели за млађе ученике.			
Врста/ниво тежине	Појмови просторног мишљења	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Тешки	Референтни оквир: (координатни систем)	Разумијевање начина математички правилног преноса висина рељефа на профилу.	Вањско-статична
	Угао: (нагиб терена)	Разумијевање односа нагиба терена на профилној линији.	Вањско-статична
Компликовани	Профил: (Уздужни профил)	Разумијевање приказа рељефа по вертикалној, односно хоризонталној оси.	Вањско-статична
	Попречни профил Репрезентација; (изохипсе)	Схватање принципа приказивања рељефа на равни и односа изохипса и линија пресека.	Вањско-статична
Комплексни	Пројекција: (пренос тачака рељефног облика)	Разумијевање начина на који се преносе висинске тачке рељефа.	Вањско-статична
	(Тродимензионални приказ профила)	Схватање односа између рељефног облика, његовог профила и координатног система преноса.	Вањско-статична
	Субјективни простор: (разумијевање промјена у профилима које се дешавају промјеном тачке гледишта)	Визуелизација кретања по профилу.	Вањско-динамична

5. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности

Наставни садржај: Ријечни слив

План рада за ученике старијих узрасних група

Ријечни слив представља једну од најзначајнијих географских категорија, посебно са промјенама у количинама и режимима падавина које доносе савремене климатске промјене. Због своје величине, просторног размјештаја и комплексности разумијевање слива представља поприличну тешкоћу за ученике, посебно нижих узраста основне школе. И у овом случају, разумијевање појма слива, захтијева тродимензионалну визуелизацију од стране ученика укључујући и додатна знања из хидрологије, физике и климатологије. Ако при томе ријечни слив доведемо у везу са демографским, насеобинским и привредним карактеристикама простора слива, онда је јасно, да је одабир ове наставне теме за рад са пјешчаним моделом проширене стварности сасвим адекватан. Када појединац постане свјестан улоге коју сливови играју у свакодневном животу долази до промјене у перцепцији географске средине.

Према истраживањима Агенције за заштиту животне средине САД, (ЕРА) (Davenport et al., 1996) цјеловита спознаја о значају слива доводи до тога да појединац настоји да игра значајнију улогу у напорима друштвене заједнице у очувању животне средине, постаје друштвено одговорнији и ангажованији.

Кључни појмови: појам слива, слијевања гравитационог тока воде, појам водојелнице и граница слива, главни и споредни ријечни сливови, значај слива за живот људи на ширем и ужем подручју, водни биланс и ријечни режим.

Потребни материјал и припрема наставника: опрема за рад са пијеском, топографске карте, штапић са спужвом за изазивање ефекта кише (слика 50), пластични модел куће за демонстрацију насеља, модел фабрике за демонстрацију привредних објеката и слично. Наставник треба увјежбати изазивање ефекта кише поплаве и сушења терена на пјешчаном моделу проширене стварности.

Задаци за старији узраст: рачунање површине слива, дужине слива (узети слив елипсастог или правоугаоног облика – повући праву од изора до ушћа и онда претворити размјер у километре)

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

Активност започети са питањима откуда се град снадбијева водом? Ученике постепено водити све до појма слива локалне ријеке или језера. При томе кроз наставнички дијалог са ученицима утврдити која предзнања недостају, која су пак погрешна и шта је потребно допунити. Обратити пажњу на појмове слијевања, отицања, гравитације, рељефа итд.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА (ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА)

У првом дијелу овог сегмента часа потребно је открити да ли ученици посједују одређени претходни ментални модел наставног садржаја (процеса) који се треба усвојити и уочити које су његове погрешне претпоставке.

Активност наставника: Дати ученицима да на топографској карти, односно скици која је направљена према припремљеном рељефном облику у пјешчаном моделу, обиљеже бојом слив одређеног подручја. Од ученика тражити да својим ријечима објасне цртеж, односно да објасне разлоге због чега су обиљежили слива на такав начин. Посебну пажњу обратити на евентуалне границе слива, утицај хидролошког циклуса, карактеристике тла, нагибе итд.

Истраживања менталних модела на основу којих ученици конструишу знања о сливовима показују (Shepardson et al., 2007) да углавном постоје таква четири доминантна модела, које је међутим, обзиром на њихове карактеристике, могуће груписати у два:

- а) Према овом моделу суштина слива се посматра из перспективе динамике хидролошког циклуса. Фокус је према томе више на кружење воде, док се процес отицања воде занемарује и своди углавном на воду у ријекама и језерима.
- б) Други модел сливова посматра као складишта воде било да се ради о природним (б1) или антропогеним складиштима (б2), док су занемарени процеси отицања воде, утицај површине и хидролошки циклус.

Према Шепардсону и сарадницима процентуални однос ових модела у истраживаном узорку студената показује да је модел б доминантан са више од двије трећине свих одговора, док је у оквиру њега, модел б1 значајно присутнији (46%) у односу на б2 (18%).

Модел по којим се ученици воде приликом разумијевања слива, за претпоставити је да ће бити неки од наведених у горњем означеном дијелу (уоквиреном). Да би се они кориговали потребан је инструктивни рад наставника који укључује просторну повратну информацију на основу које ученици могу у ментални модел укључити недостајуће елементе.

Пјешчани модел проширене стварности представља идеално дидактичко средство за објашњење различитих хидролошких карактеристика пошто има програмиране функције дигиталне кише, поплаве и „сушења” односно уклањања дигиталне воде са пјешчаног модела.

Дигитална киша стартује се тако што се изнад површине пијеска односно облика гдје желите да се киша појави држи рука, односно руке, на потребној висини. Ученике упозорити на почетку рада да избјегавају да раде ту радњу током демонстрације и да ће дигитална киша бити укључивана према потреби и у адекватно вријеме сходно обради наставног садржаја. Ради већег ефекта за изазивање кише користити тзв. кишни штап.



Слика 50. Кишни штап
Извор: Reed, 2016.

Кишни штап је могуће направити од дужег комада дебље нехрђајуће жице (дужине око 50 cm) на чијем ће крају бити залијепљена вата у облику облака. Вату је могуће причврстити и гумицама. Симулација кише ће се појавити на оном дијелу пјешчаног сандука изнад којег махнете овим штапом. Уколико ефекат кише не реагује довољно добро, потребно је повећати величину „облака” на крају жице.

Без укључивања дигиталних ефеката на већ припремљеном рељефном облику, затражити од ученика да одреде слив и обиљеже га траком у боји или концем. Подстаћи их да одреде главне и споредне сливове уколико је у питању ријечни слив.

Потом укључити ефекат кише помоћу кишног штапа и ученицима рећи да пажљиво биљеже шта се догађа – како и куда вода отиче? Како поједини облици рељефа својим нагибима утичу на отицање воде? Који дијелови рељефа добијају највише воде а који најмање? Од чега то зависи?

Демонстрацију и питања, односно разговор, дакле, усмјерити ка томе да ученици на очигледан начин схвате каузалитете који владају између карактеристика рељефа и хидролошког циклуса. На тај начин је могуће урадити корекције менталних модела који се углавном, како смо видјели, конструишу око једне стране овог процеса. Такође, примјеном пјешчаног модела проширене стварности веома је једноставно кориговати и ментални модел на основу којег се слив посматра само кроз призму накупљања или складиштења воде, било у природним, било у вјештачким акумулацијама.

Могуће је урадити и брану у пијеску, па онда изазвати ефекат кише да би се демонстрирала повезаност области храњења ријеке и саме бране.

Демонстрација важности слива и могући антропогени утицаји

Увиђањем постојећег узрочно-последичног односа између падавина и рељефа у цјелини, створена је база за дубље разумијевање слива као демографске и привредне цјелине, односно просторне јединице.

Демонстрацију започети разговором са ученицима на тему могућих међусобних утицаја хидролошких и геоморфолошких компоненти слива на привреду и насеља. Пошто је ово једна од кључних тема савремених научних, политичких, образовних информативних догађања веома је битно да ученици схвате комплексност наведених односа. У оквиру расправе, са ученицима анализирати текст доље уоквирен.

ДЕКЛАРАЦИЈА УН О ОБРАЗОВАЊУ ЗА ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

Комисија за географско образовање Међународне географске уније дијели, заједно са УН, визију проглашене Декаде образовања за одрживи развој (UNDESD) 2005–2014 која би требало да допринесе остварењу идеје једног „свијета у којем свако има могућности да искористи добробити квалитетног образовања и да научи вриједности,

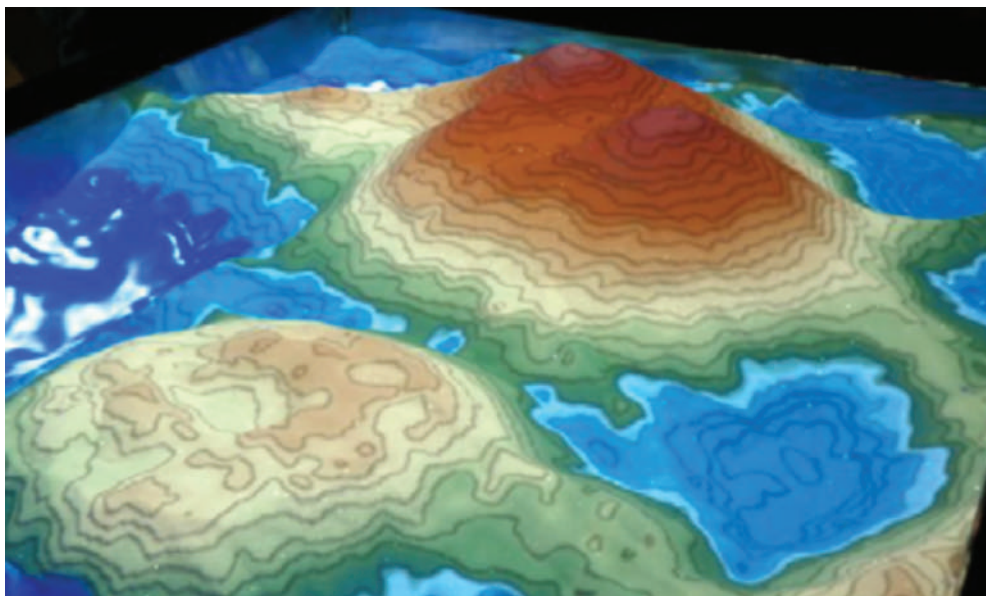
понашање и стил живота који је потребан за одрживу будућност и позитивне друштвене промјене” (<http://portal.unesco.org/education/>).

Готово сви „акциони циљеви” наглашени у Декади укључујући ту животну средину, воду, развој руралних подручја, одрживу потрошњу, одрживи туризам, међукултурално разумијевање, разноликост култура, климатске промјене, смањење броја катастрофа, биолошку разноликост и тржишну економију; имају географску димензију. Ова Декларација истиче да парадигма одрживог развоја треба бити уграђена у наставу географије на свим нивоима и у свим дијеловима свијета.



Слика 51. Ученици командом руку изазивају дигитализовани ефекат кише на пјешчаном моделу проширене стварности

Извор: Reed, 2016.



Слика 51. Могући изглед рељефног облика за одређивање сливног подручја
Извор: Reed, 2016.

Као прилог дискусији и у циљу њеног подстицања на пјешчаном моделу додати моделе насеља односно привреде а потом укључити ефекте кише и поплаве. Насеља позиционирати у различите рељефне облике и анализирати ефекте који поплавни таласи могу имати на поједине локације.

На одређеном сливу анализирати снабдијевање насеља и привреде водом, али такође и њихове могуће негативне утицаје на слив у цјелини.

Послије поплава, на моделу демонстрирати функцију суше. Запазити која би подручја била најугроженија и због чега.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА – АНАЛИЗА И ЗАДАЦИ

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте разумијевања феномена слива. Битно је заједно са ученицима истаћи претходне заблуде које су имали о начину отицања воде, међусобном утицају антропогенних и природних фактора слива.

Задатак: Урадити моделе слива ријеке Врбас у средњем и доњем току. Извршити њихово поређење.

Табела 13. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја *Ријечни слив* за млађе узрасте

Наставни садржаји: Ријечни слив Елементи просторног мишљења за млађе узрастне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Примитивни	Идентитет: (слив, вододјелница, граница слива)	Разумијевање појма слива, односно његових основних компоненти – граница слива, област храњења и сл.	Унутрашње-статична
	Идентитет: (врсте сливова)	Класификација и препознавање различитих врста ријечних сливова.	Унутрашње-статична
	Локација: (мјесто појединих рељефних облика)	Препознавање и лоцирање ријечног слива у завичају и ширем простору.	Унутрашње-статична
	Магнитуда: (величина слива)	Разумијевање величине, односно површине слива.	Унутрашње-статична
Једноставни	Релативна удаљеност: (висина вододјелнице, дужина слива, нагиб терена)	Разумијевање дужине слива. Разумијевање релативне висине, вододјелнице у односу на ријеку. Разумијевање утицаја нагиба терена на дужину слива.	Унутрашње-статична
	Дистрибуција: (границе распрострањења, ријечна мрежа)	Разумијевање граничних линија између појединих сливова. Разумијевање правилности грађања ријечне мреже.	Унутрашње-статична
	Облик; (облик слива)	Одређење облика слива.	Унутрашње-статична

Табела 14. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја *Ријечни слив* за старије узрасте

Наставни садржаји: Ријечни слив Елементи просторног мишљења за старије узрастне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Тешки	Угао: (нагиб терена)	Одређивање нагиба терена и довођење у везу са процесом слијевања воде.	Унутрашње-динамична

Наставни садржаји: Ријечни слив Елементи просторног мишљења за старије узрасне групе ученика			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Компликовани	Репрезентација; (карта слива)	Разумијевање начина представљања сливова.	Унутрашње-динамична
	Репрезентација различитих вриједности у оквиру слива;	Графички показатељи количине воде у сливу, броја становника, БДП-а и сл.	Унутрашње-динамична
	Ред величина (поређење сливова)	Одређивање величине појединих сливова у односу на друге сливове.	Унутрашње-динамична
Комплексни	Простор активности: (слив као комплексна категорија)	Разумијевање сливног подручја као хидролошког, насеобинског, геоморфолошког и економског система.	Вањско-динамична
	Субјективни простор	Доживљавање утицаја слива и промјена које се догађају на лични аспект живота појединца.	Вањско-динамична
	Виртуелни простор; (ефекат кише, поплаве и суше)	Разумијевање начина на који пјешчани модел проширује стварност односно додаје водене ефекте.	Унутрашње-динамична

6. План рада на пјешчаном моделу проширене стварности

Наставни садржај: Климатске промјене и подизање нивоа мора.

План рада за ученике старијих узрасних група

Основни појмови: клима, климатске промјене, глобално загријавање, ефекат стаклене баште, топљење леда, свјетско море, антропогени фактори, природни фактори, адаптација.

Потребна опрема: прибор за рад са пијеском, маркери пораста нивоа мора (дрвене летвице), симулација топљења леда на поларним капама, модели кућа и фабрика за представљање инфраструктуре.

УВОДНИ ДИО ЧАСА/СТАРТЕР (ОТКРИВАЊЕ ЛИЧНИХ УБЈЕЂЕЊА УЧЕНИКА И ДОПУНА ПРИСУТНИХ ПРАЗНИНА У БАЗИЧНИМ ПОТРЕБНИМ ЗНАЊИМА)

Активност наставника:

Демонстрација подизања нивоа свјетског мора, односно увиђање каузалних веза између различитих антропогених и природних процеса на свакодневни живот човјека, захтијева мало сложенију припремну фазу због комплексности процеса који тражи и прилично широку базу потребних предзнања. Уводни разговор треба, дакле, да послужи да наставник уочи и попуни евентуалне празнине у познавању климатских фактора (и антропогених и природних), појма свјетског мора, структуре воде на Земљи и феномену ефекта стаклене баште. Потребна сазнања допунити у виду вербалне или текстуалне, односно графичке инструкције.

ГЛАВНИ ДИО – ОТКРИВАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕГ МЕНТАЛНОГ МОДЕЛА РАЗУМИЈЕВАЊА И ЊЕГОВА КОРЕКЦИЈА (ПОЈАВА КОНЦЕПТУАЛНЕ ПРОМЈЕНЕ/УЧЕЊА)

Као и до сада, према шеми плана рада, првом дијелу овог сегмента часа потребно је открити да ли ученици посједују одређени претходни ментални модел наставног садржаја (процеса) који се треба усвојити и уочити које су његове погрешне претпоставке. У конкретном случају, главна препрека разумијевању суштинског а не формалног објашњења подизања нивоа свјетског мора представља непостојање цјеловитог увида како у механизме и процесе који доводе до појаве издизања нивоа, тако и у посљедице које то издизање узрокује. Другим ријечима, да би се појавило концептуално учење у оквиру овог наставног садржаја, ученик треба разумјети кружну структуру човјек-клима-вода-човјек.

Активност наставника: У циљу откривања који дио ове структуре остаје несхваћен, потребно је ученицима задати задатак да напишу краћи сценарио могућих географских посљедица климатских промјена. Као дио задатка, направити и контурне карте на којима би ученици требали издвојити најугроженија подручја у њиховом сценарију уз објашњење разлога издвајања конкретног простора. Наставник пажљиво прати рад ученика и биљежи адекватне и неадекватне поступке.

Активности ученика: ученици настоје да ураде задатак и при том откривају колико и шта разумијевају, односно неразумијевају.

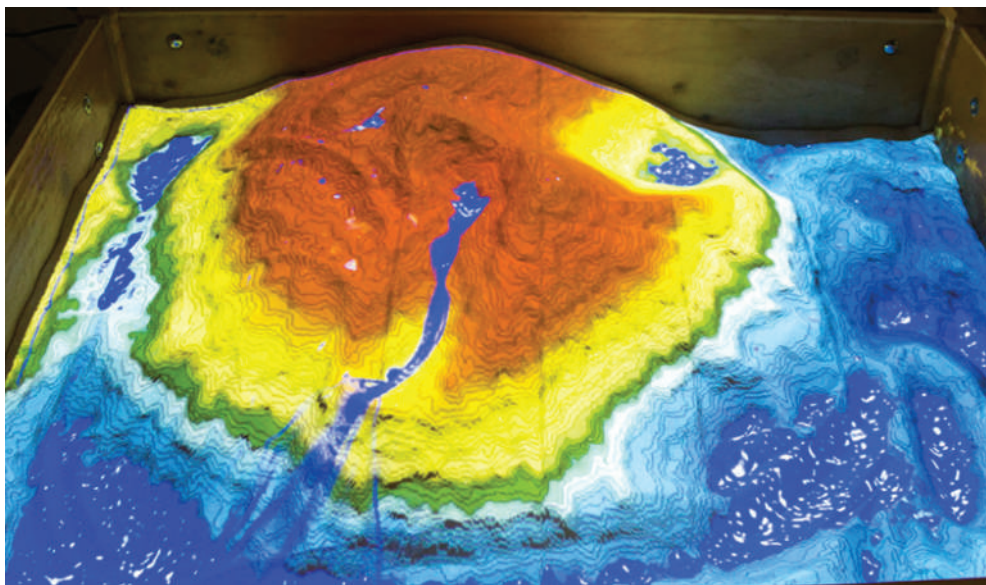
Током овог дијела часа постаје видљиво који ментални модел ученици

користе за рјешавање проблема и који су сегменти поступка посебно проблематични.

ДРУГИ ДИО ГЛАВНОГ ДИЈЕЛА ЧАСА

Активности наставника: На основу запажања која су проистекла праћењем рада ученика на конкретном задатку, наставник треба да коригује уочени погрешни ментални модел. Како смо већ напоменули у уводном дијелу, проблематични дио је везан за разумијевање повезаности узрока и посљедица промјене нивоа мора. Наставник треба да на већ припремљеном рељефу на пјешчаном моделу проширене стварности демонстрира ову кружну структуру. Направљени облик наравно треба бити неки приобални простор са постављеним моделима насеља, односно саобраћајне и привредне инфраструктуре.

Рељефни облик треба да садржи и маркере (обојене дрвене летвице на којима требају бити видљиво означене вриједности у степенима целзијуса са једне и висинама са друге стране. Ти маркери ће означавати повећање нивоа мора обзиром на сценарио повећања температуре који износи 2, 3 метра по степену целзијуса (Kirshbaum, 2013).



Слика 52 Могући изглед пјешчаног облика за демонстрацију подизања нивоа мора
Извор: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>

Маркер „1 степен” ставити на најнижу висину 2,3 метра, маркер „1,5 степен” на – висину 4 метра (заокружити) и маркер 2 степена на висини од 4,6 метара. Висине одредити приближно према просјечним висинама модела кућа које ће бити употребљени за демонстрацију подизања нивоа. (Прецизно подизање увјежбати приликом припреме опреме за час преко функције „поплава”, односно притиском и држањем тастера „F”).

У циљу формирања менталног модела осим ове тродимензионалне просторне повратне информације о обиму и територијалном размјештају подизања нивоа свјетског мора, потребно је укључити и просторну информацију о повезаности људске активности и топљења леда на Антарктику као главном узроку подизања морског нивоа. У супротном ученици могу демонстрацију доживјети апстрактно јер ће њихова перцепција повезати виртуелне команде на тастатури и подизање нивоа што неће створити реалну слику озбиљности процеса и одговорности за њега. Демонстрација дакле треба да се одвија тако што ће на монитору бити прво пуштене краће секвенце људске привредне активности (индустријска постројења нпр. ради ефекта) потом и симулација топљења леда (timelapse).

Синхроно наставник треба да заустави симулацију топљења и да командом на тастер за поплаву, подиже ниво мора до прве ознаке од првог степен односно до 2,3 метра. На тој ознаци се треба зауставити да ученици прихвате информацију и да се изврши анализа поплављеног простора.

Потом, демонстрацију наставити на исти начин (без секвенци привредне дјелатности), дакле наставком симулације топљења леда и активацијом функције плављења све до ознаке другог степена. Потом такође направити паузу и анализирати виђено. Обратити пажњу на поплављене објекте, насеља итд.

У трећој фази демонстрације, уз приказ топљења леда ниво мора дићи на коту 4,6 метара.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА – АНАЛИЗА

У завршном дијелу часа наставник заједно са ученицима анализира кључне аспекте узрока и посљедица процеса подизања нивоа мора. Као задатак или за наредну демонстрацију урадити пјешчани облик рељефа Холандије и урадити симулацију подизања нивоа мора. Посебну пажњу обратити на посљедице и могуће начине заустављања процеса глобалног загријавања и адаптације на њега.

Табела 15. Појмови и категорије просторног мишљења у оквиру наставног садржаја *Климатске промјене и дизање нивоа свјетског мора*

Наставни садржаји: Климатске промјене и подизање нивоа свјетског мора			
Елементи просторног мишљења:			
Напомена: Прве двије групе појмова користити приликом рада са млађим узрастима, а остале захтјевније током рада са старијим узрастима.			
Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Примитивни	Идентитет: (клима, Свјетско море, агрегатна стања воде)	Дефинисање појмова клима, Свјетско море, агрегатно стање.	Унутрашње-статична
	Идентитет: (адаптација)	Разумијевање појам адаптације.	Унутрашње-статична
	Простор- вријеме: (климатске промјене, топљење леда, ниво Свјетског мора)	Схватање промјена климе, количине падавина, нивоа мора итд. током времена.	Унутрашње-статична
	Локација: (мјесто појединих рељефних облика)	Одређивање мјеста најугроженијих подручја процесима климатских промјена и подизања нивоа мора.	Унутрашње-статична
	Магнитуда: (величине параметара којима се промјене изражавају)	Разумијевање величина повећавања просјечне глобалне температуре, нивоа мора итд.	Унутрашње-статична
Једноставни	Дистрибуција: (просторни размјештај воде у замрзнутом стању на Планети; просторни размјештај угрожених подручја)	Разумијевање географских услова и различитих агрегатних стања воде.	Унутрашње-динамична
	Класа: (типологија подручја према степену погођености климатским промјенама)	Разумијевање рељефних карактеристика и потенцијалне угрожености дизањем нивоа мора.	Унутрашње-динамична
		Одређивање фактора утицаја климатских промјена на простор.	Унутрашње-динамична

Наставни садржаји: Климатске промјене и подизање нивоа свјетског мора
Елементи просторног мишљења:

Напомена: Прве двије групе појмова користити приликом рада са млађим узрастима, а остале захтјевније током рада са старијим узрастима.

Врста/ниво тежине	Појмови	Наставни садржај	Категорија просторног мишљења
Тешки	Промјена: (одређивање полазног становишта да би се промјена могла уочавати; фактори промјене)	Разумијевање климатских карактеристика прединдустријског доба. Климатски чиниоци и фактори (природни и антропогени).	Унутрашње-динамична Унутрашње-динамична
Компликовани	Ред величина: (пораст температуре)	Довођење у везу величине промјене глобалне температуре и различитих сценарија утицаја на ниво мора.	Унутрашње-динамична
	(Ниво емисије гасова стаклене баште)	Повезивање привредне дјелатности и промјена климе.	Унутрашње-динамична
Комплексни	Простор активности: (систем Човјек-Земља)	Разумијевање глобалног каузалитета и законитости процеса.	Вањско-динамична
	Субјективни простор	Схватање утицаја климатских промјена на лични живот појединца.	Вањско-динамична
	Виртуелни простор; (ефекат кише, полаве и суше)	Разумијевање начина на који пјешчани модел проширује стварност односно додаје водене ефекте.	Унутрашње-динамична

Закључак

Уређаји за медијацију искуства односно дигиталне границе који се постављају између нас и физикалног окружења, посљедњих година доживљавају битну трансформацију. Та се трансформација састоји првенствено од квалитативног прелаза са доминације једносмјерне употребе технологије AR и VR у појединачним и међусобно неповезаним областима живота, ка томе да се створи нека врста потпуног окружења, односно тоталног медија. Овакав развој догађаја више је него извјестан, само је питање темпа његовог остварења. Само по себи окружење проширене стварности, односно могућности које она пружа, није ни лоше, нити добро. Као и увијек до сада, ради се о томе на који начин ће се остваривати тај потенцијал. Почетком треће декаде XXI вијека, видљиво је преокретање тренда у правцу уозбиљења кориштења окружења проширене стварности. Почетна се фасцинација ефектима које дигитално проширење уноси у физикалну стварност (Pokemon Go) полако стишава а примат преузима „озбиљна” употреба у различитим областима индустрије, логистике, медицине и образовања.

Ипак, AR не треба, нити сасвим може одустати од тог ефекта онеобичавања „стварног”, посебно у области образовања у којој је мотивација ученика основа успјешног учења. Што је способност увлачења (имерзије) ученика у окружење проширене стварности већа, то је и већа вјероватноћа да ће планирани исходи учења бити остварени. У директној вези са ефектом проширења стварности, јесте и други моменат који никако не би требао бити занемарен приликом креирања и употребе уређаја AR у образовне сврхе. Ради се томе да се задржи могућност игре, односно учења путем заједничке игре. На тај начин медијација искуства појединих ученика бива додатно „проширена” путем међусобног посматрања, разговора и кретања, односно интерпретацијом како саме игре, тако и актера који се играју. На тај начин сваки ученик постаје свјестан властите позиције у игри, односно у процесу учења. Играјуће учење, другим ријечима јесте интерпретативан процес.

Трећи момент јесте обзиром да се ради о дигиталном проширењу, могућности креирања садржаја, планирања потребе, темпа, односно временског одвијања и контроле часа дају наставнику до сада незабијежене могућности инструктивног рада.

Сви ови набројани аспекти, садржани су у пјешчаном моделу проширене стварности који је био тема ове књиге. Аутори су настојали да направе синтезу аспеката мотивације, игре и кретања, те „дигиталних алата за проширење стварности” који наставнику стоје на располагању.

Главна активност ученика, на основу чега је и урађена синтеза наведених аспеката, јесте топографско моделовање, тј. креирање конкретних рељефних облика у пјешчаном моделу које подразумева и дигитално проширење картографским садржајима.

Конкретна дидактичка форма ове синтезе јесу детаљни планови рада приликом обраде појединих садржаја који ће, вјерујемо, олакшати употребу пјешчаног модела потенцијалним корисницима и тако скратити вријеме потребно за увођење овог уређаја у педагошко-дидактички рад.

Планови обраде садржаја, не би требали бити ограничавајући фактор властите креативности наставника, нити схваћени као нека врста ултимативног рецепта за рад, него првенствено као једна врста базе за даљу надоградњу. Посебно уколико имамо на уму да ће се временом дигитални садржаји, односно софтвер за проширење стварности, засигурно развијати, имати већи број ефеката и покривати већи број садржаја.

Наведена синтеза водила је рачуна и о савременим кретањима у области наставе геонаука, не само што се тиче техничког аспекта, односно употребе пјешчаног модела проширене стварности као савременог дидактичког средства, него и обрађеним наставним темама.

Битан дио, боље речено језгро синтезе, рада на пјешчаном моделу јесте развој и подстицање просторног мишљења код ученика. Пјешчани модел, обзиром да је направљен у циљу разумијевања сложенијих картографских садржаја и да подразумева активности тополошког моделовања, показао се као веома ефикасно средство за развој просторне когниције. Планови рада на пјешчаном моделу, дакле, садрже и издвојене елементе просторног мишљења (појмове и основне врсте) на конкретним садржајима који се обрађују. Овај дио је прилично компликован за инструктивни рад, пошто тражи једну врсту рутине у употреби самог средства и координацију са наставним садржајима, па се увођење елемената просторног мишљења у инструктивни рад са пјешчаним моделом препоручује корак по корак.

Истраживање спроведено у Републици Србији (Стојшић, 2020) показује да већина наставника а посебно студената показује спремност за

коришћење имерзивних технологија (AR и VR) у настави географије. У Републици Српској, таква истраживања још нису спроведена али аналогно се може закључити да генерално постоји позитиван став за употребе таквих технологија. До тог циља дуг је пут, ова књига може бити један од низа корака које је потребно учинити.

Прилог – Инсталација софтвера и подешавање компонената пјешчаног модела проширене стварности

Инсталација софтвера

На овом мјесту биће описан корак по корак инсталација потребног софтвера за рад пјешчаног модела проширене стварности према упутствима креатора тог софтвера Оливера Крејлоса. Инсталација подразумијева комплетан поступак од празног рачунара са графичком процесорском јединицом Nvidia GeForce (GPU). Ова упутства су заснована на тренутној верзији оперативног система Linux Mint.

Linux Mint 19.3 (“Tricia”) with MATE desktop environment, 64-bit version
Version 8.0-002 of the Vruir VR Development Toolkit (automatically selected by Vruir installation script)
Version 3.10 of the Kinect 3D Video Package
Version 2.8 of the Augmented Reality Sandbox

Корак 1. Инсталација Linux оперативног система.¹

- 1 Ако се планира да пјешчани модел буде кориштен као затворени систем без интернетске везе, тастатуре, миша или монитора, при чему се апликација аутоматски покреће када се укључи рачунар, онда је потребно да се изврши жељена конфигурација током инсталације Linuxа. Један од корака инсталације је креирање корисничког налога на новом оперативном систему, одабир опције за аутоматско пријављивање на тај налог без затијева за лозинком. Затим, након што се инсталација заврши, слједите опционалне кораке 16 и 17.

Инсталација Linuxа може се урадити према упутствима на линку: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/sARndbox/>

Корак 2. Инсталација драјвера за графичку карту.

Отворите мени Control Center и изаберите Driver Manager сачекајте да се прикаже панел са листом доступних драјвера, а затим изаберите препоручени бинарни драјвер за Nvidia и изаберите Apply Changes. Кад се заврши процес, рестартујте компјутер.

Послије инсталације драјвера и рестарта провјерите да ли уређај ради исправо тако што треба отворити терминал (Ctrl+Alt+T) и укуцати сљедећу команду:

```
glxinfo | grep vendor
```

Изглед екрана би требао бити овакав.

```
server glx vendor string: NVIDIA Corporation
client glx vendor string: NVIDIA Corporation
OpenGL vendor string: NVIDIA Corporation
```

Корак 3. Инсталација *Vrui VR development toolkit*

Отворите Linux терминал и укуцајте сљедеће наредбе:

```
cd ~
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/Build-Ubuntu.sh
bash Build-Ubuntu.sh
```

Скрипта покренута у посљедњој команди од вас ће тражити корисничку лозинку за инсталирање потребних фајлова, а потом ће кренути инсталација *VR Toolkit*. Послије извјесног времена крај процеса ће означити појава ротирајућег глобуса на екрану. *Vrui (Virtual Reality User Interface)* садржи различите опције од којих су најважније:

Главни мени: Притисните (и држите) десни тастер миша да бисте отворили главни мени апликације.

Ротирање: Помјерањем миша док држите притиснути лијеви тастер могуће је ротирати 3D приказ са осом ротације у центар прозора.

Помјерање по уздужној и вертикалној оси: За помјерање глобуса лијево/десно/горе/доле у прозору, притисните и држите тастер „z” на тастатури и помјерајте миша у жељеном правцу.

Величина: Да бисте повећали или смањили глобус у прозору, притисните и држите тастер „z” и лијеви тастер миша, а затим помјерите миш горе/доље.

Поновно центрирање: Ако се евентуално „изгубите” не знате како

да вратите садржај, на располагању су вам опције: притисак на тастере Win+Home или избор команде „Reset View” из подменија „View”.

Додјељивање алата: Појединим тастерима могуће је додијелити одређене опције – алате да би вам приступ њима био лакши и бржи. Миш помјерите на опцију Одаберите неку од типки на тастатури, нпр. неки број и држите је притиснуту, потом отворите мишем мени „Utility” и одаберите један од алата који вам је потребан. Када отпустите типку броја коју сте држали, жељени алат ће се убудуће отварати притиском на тај број.

Корак 3А. Подешавање величине екрана

Повратком на главни мени (гдје се појављује ротирајући глобус) потребно је изабрати величин екрана. Ова опција је веома битна због тога што с једне стране величина менија може бити превелика или премала а с друге стране потребно је извршити поклапање величине екрана са величинама које пројектује пројектор. Веома често се догађа да величине на екрану нису исправно пренешене путем пројектора. Због тога се препоручује да се онемогући опција аутоматског избора величине екрана која је уграђена у Vru1. То је потребно урадити помоћу уноса сљедеће команде у терминални прозор:

```
sudo xed /usr/local/etc/Vrui-8.0/Vrui.cfg
```

Ако буде потребно унесите своју лозинку ако се то од вас затражи. Затим у подешавањима у панелу прозора нађите *autoScreenSize* подешавања и промијените вриједност са *true* на *false*.

Када је опција аутоматске величине екрана искључена, Vru1 се враћа на величину екрана конфигурисану у одјељку *Screen*, у редовима 104–111 у истој датотеци за конфигурацију. Овдје су дефинисане подразумеване вриједности ширине и висине монитора 4:3 (за монитор дијагонале од 20”), што би требало да функционише добро. Ово вриједи уколико је *aspect ratio* вашег монитора 4:3, међутим уколико је вриједност другачија – нпр. 16:9 онда су потребна комплекснија подешавања (видјети на сајту <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>).

Корак 4. Инсталација пакета кинект видео

Да би се инсталирао софтвер за управљање кинект камером потребно је у терминалном прозору укуцати наредбу:

```
cd ~/src
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/Kinect-3.10.tar.gz
tar xzf Kinect-3.10.tar.gz
```

```
cd Kinect-3.10
make
sudo make install
sudo make installudevrules
ls /usr/local/bin
```

У току инсталације, могуће је да ће бити затражена лозинка, па је унесите.

Корак 5. Инсталација пјешчаног модела проширене стварности

У командну линију терминала укуцати следеће да би се покренула инсталација пјешчаног модела

```
cd ~/src
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SARndbox-2.8.tar.gz
tar xzf SARndbox-2.8.tar.gz
cd SARndbox-2.8
make
ls ./bin
```

Провјерите да ли листа имена штампаних последњом командом садржи следеће називе CalibrateProjector, SARndbox, и SARndboxClient. Ако је све у реду онда се програм за калибрацију пјешчаног модела проширене стварности сама главна апликација сада налазе у датотеци ~/src/SARndbox-2.8/bin.

Кораци од 6–11. Интеграција, конфигурација и калибрација система

Наредним инсталацијама и поступцима у систем се додају кључне компоненте система пјешчаног модела проширене стварности – 3D камера (кинект) и дигитални пројектор. Њих је потребно физички ускладити са сандуком са пијеском у циљу добијања оптималне квалитете слике са пројектора што омогућава прецизно пројектовање дигиталних садржаја на пијесак. Другим ријечима, без адекватно урађеног поравнања нећемо имати тзв. просторну регистрацију дигиталних садржаја, па нити коришћење пјешчаног модела неће бити задовољавајуће.

Корак 6. Прикључење и конфигурација 3D камере

Прикључите кинект камеру на компјутер и снимите потребне параметре за калибрацију. У терминалном прозору покренути команду:

```
sudo /usr/local/bin/KinectUtil getCalib o
```

Корак 6А. (Евентуални):

Прва генерација кинект уређаја (Кинект за Xbox-360) врши одређени проценат нелинеарне дисторзије димензије дубине. Уколико такву камеру усмјерите у равну површину, њен тродимензионални приказ неће бити у потпуности раван, него благо испупчен. Ова дисторзија може спријечити потребно поравнање између физичке површине пијеска и пројекције дигиталне топографске карте.

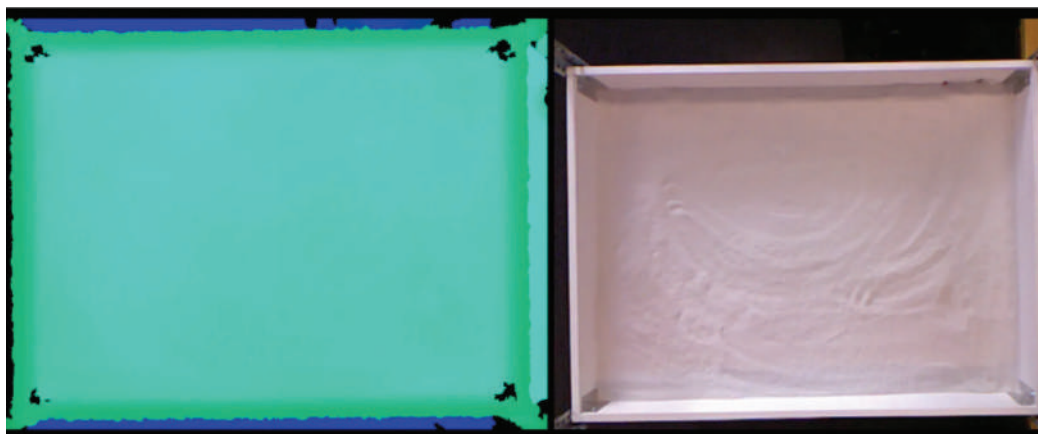
RawKinectViewer има уграђене алате за исправљање наведене дисторзије. Овај корак није нужен да би пјешчени модел функционисао али његово подузимање доприноси побољшању квалитета приказа. Дакле, корак 6а односи се само на кинект камере прве генерације (моделе 1414, 1473 и 1517). Најједноставнији начин да се уради потребна калибрација јесте да се кинект камера искључи, односно склони, па је овај поступак најбоље урадити прије него што се цијели уређај склопи. Поступак дубинске корекције захтијева да се кинект камера усмјери ка некој већој равној површини која није сјајна. Празан зид је добра опција. Потом се стартује *RawKinectViewer* (опција „као администратор“). У терминалу покренемо команду:

```
sudo /usr/local/bin/RawKinectViewer -compress o
```

Да би процес калибрације започео потребно је кинект камеру постепено приближавати равној површини све док се на лијевој страни *RawKinectViewer* екрана не почну појављивати црне мрље (слика 52). Потом камеру треба вратити у супротном смјеру, док умјесто великих црних мрља не остану само мале изоловане тачке. Кинект камеру треба ротирати лијево-десно и горе-доле све док приказана боја не буде једнака у свим угловима.

Да би процес калибрације био што једноставнији потребно је додијелити типке алату за калибрацију. Притиснути и држати типку А а по том миш превући до панела са алатима и означити опцију „Calibrate Depth Lens” а затим пустити типку А. Након тога отвориће се мени *Creating Calibrate Depth Lens Tool* при чему ће се затражити да додијелите типку и алату “Calibrate”. Изаберите типку S и пустите је. На тај начин ће бити довршено додјељивање функција за калибрацију појединим типкама.

Исправан процес калибрације камере захтијева и да се одреди тачка везе (tie point – TP) камеру је потребно држати веома мирно и притиснути једанпут типку А. На екрану ће се отворити порука „*Capturing average depth frame...*”. Камера се не смије додиривати нити помјерати све док је ова порука



Слика 52. Поравнање 3D кинект камере.

Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>

на екрану. Послије њеног склањања, камеру помјерити мало даље од равне површине и притиснути типку А поново да би се одредила сљедећа тачка везе. Овај поступак понављати неколико пута док се не одреди између 5 и 10 тачака везе на удаљености од 0,5 до 1,5 m. Наредни поступак је да се израчуна корекција дубине (по пикселу) и да се она упише у фајл калибрације. За ову процедуру потребно је притиснути типку S. На екрану *RawKinectViewer*-а појавиће се порука „<camera serial number>.dat” када се поступак успјешно заврши. Уколико буде обавјештења о евентуалним грешкама потребно је затворити *RawKinectViewer* и цијели поступак поновити док се успјешно не доврши. Уколико све прође како треба, затворити *RawKinectViewer*, инсталирати кинект камеру и наставити са процедуром инсталације.

Корак 7. Поравнање 3D камере

За успјешно функционисање пјешчаног модела проширене стварности потребно је да поље тродимензионалне кинект камере тачно покрива простор сандука са пијеском. Поравнање започиње тако што се у терминални прозор упише наредба:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
RawKinectViewer -compress o
```

На десној страни екрана *RawKinectViewer* појавиће се боја на коју не треба обратити пажњу. Битно је оно што се догађа на лијевој страни тог екрана а то је дубинска слика. Камеру кинекта је потребно помјерати и окретати све док цијела површина сандука са пијеском не буде видљива.

Корак 8. Једначне за мјерење базе сандука са пијеском

Из терминалног прозора помоћу команде испод покренути екран *RawKinectViewer*

```
RawKinectViewer -compress o
```

Из менија алати изабрати опцију „Extract Planes” (најбоље је додијелити овај алат некој од нумеричких типки – нпр. типка један) а потом одабрати алат „Average Frames” из главног менија (слика 54). Сачекати да се дубинска слика „замрзне” а онда на њој нацртати правоугаоник (слика 53) тако што ћете притиснути и држати типку коју сте додијелили алату Extract Planes (у нашем случају то је број 1). Тиме ће се добити најприближнија једначина базе за изабрани правоугаоник. Наредни корак је да се искључи опција „Average Frames” и да се добијена једначина базе унесе у фајл под називом *BoxLayout.txt* у датотеку *etc/SARndbox-2.8* која је смјештена у директоријуму *SARndbox*. У терминални прозоре дакле унестите:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
xed etc/SARndbox-2.8/BoxLayout.txt &
```

RawKinectViewer избацује двије једначине приликом екстаркције базе: прва изражава простор по дубини, а друга простор камере. Инсталација пјешчаног модела треба ову другу једначину.

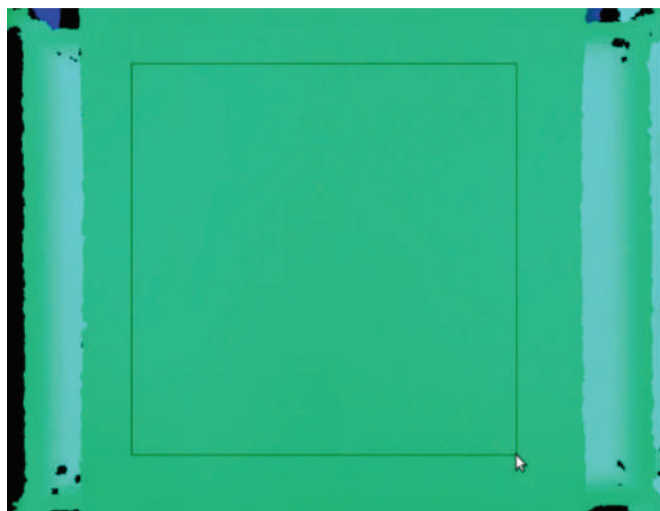
Camera-space plane equation: $\times * \langle \text{some vector} \rangle = \langle \text{some offset} \rangle$

Њу је потребно копирати и урадити мању корекцију:

Линија $\langle \text{some vector} \rangle$ представља трокомпонентни вектор којим се дефинише положај камере „горе” у координатном систему камере и типично има вриједности (0.0, 0.0, 1.0). Параметар $\langle \text{some offset} \rangle$ је вертикална позиција мјерене равни испод камере. Она је дата у сантиметрима и има негативне вриједности. Фајл *BoxLayout.txt* тражи, дакле, унос једначине у сљедећем формату гдје се ове двије величине одвајају зарезом.

$\langle \text{some vector} \rangle, \langle \text{some offset} \rangle$

Напомена: Ова једначина код кинект камера друге генерације (*Kinect-for-Xbox-One*) може доћи са обрнутим вриједностима. Прије него што се настави са процесом инсталације потребно је провјерити да ли је вриједност офсета (број иза зареза) базне једначине камере у ствари негативна. Ако то није,



Слика 53. Цртање квадратне базе

Слика 54. Изглед менија за одређивање базе оквира пјешчаног модела

Извор: Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>



онда треба обрнути вриједности све четири компоненте једначине у фајлу VoxLayout.txt. Тако на примјер ако су приказане вриједности једначине $(-0.01, 0.04, -0.9991)$, 105.3 потребно је да буду $(0.01, -0.04, 0.9991)$, -105.3.

Корак 9. Мјерење положаја углова 3D сандука

Овај корак мјери тродимензионалну површину пијеска у сандуку. То подразумева да је пијесак у самом сандуку пјешчаног модела и да је његова површина максимално изравнана. У верзији 3.2 кинекта ово може бити урађено путем *RawKinectViewer* кога стартујемо наредбом у терминалу:

```
RawKinectViewer -compress o
```

Мишем у алатима изаберемо опцију *Average frames*, а алат *Measure 3D Positions* додијелимо некој типки (нпр. број 2) на већ описани начин (држањем и отпуштањем типке када је жељени алат означен путем миша). Да би били сигурни да нам је позиција курсора изнад површине пијеска а не изнад оквира сандука, потребно је користити дубинску мапу са бојама. Курсор позиционирамо тако да постоји мали размак између површине пијеска и



Слика 55. Изглед екрана приликом мјерења површине пијеска

оквира, односно страна сандука. Секвенца мјерења мора бити таква да се прво мјери доњи лијеви угао, потом доњи десни, па горњи лијеви и горњи десни.

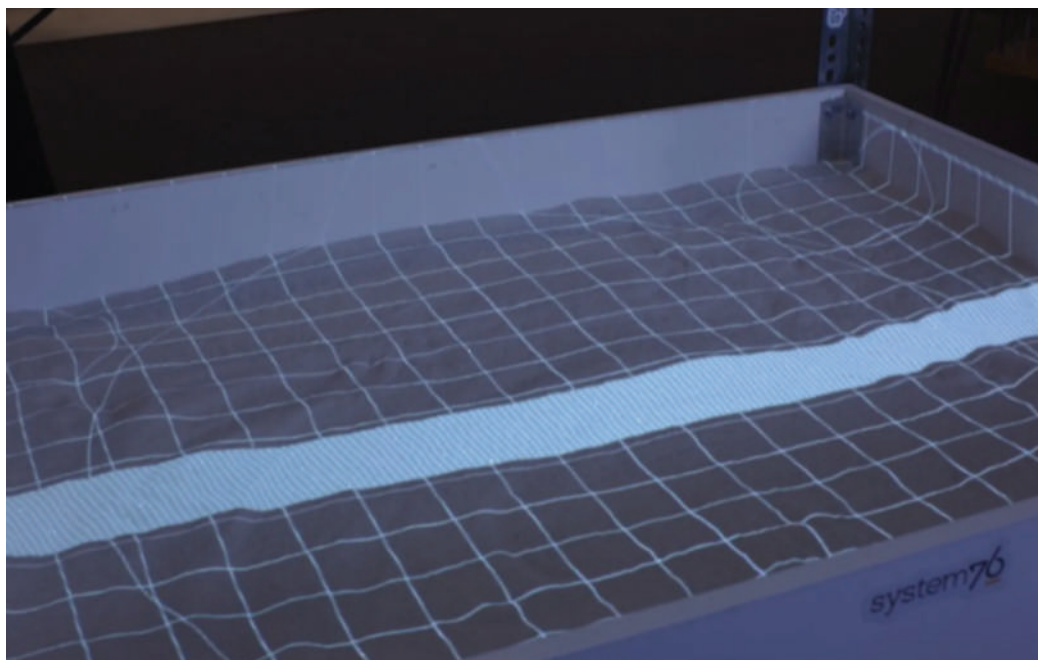
Дакле, курсор позиционирати у доњи лијеви унутрашњи угао и притиснути типку која је додијељена овом алату (у нашем примјеру то је број 2) (слика 55).

Радњу поновити за остала три угла према прописаном редослиједу. Потом затворити *RawKinectViewer* помоћу типке *escape*. У терминалном прозору појавиће се четири линије бројева, свака са по три координатне вриједности (уколико се то не догоди потребно је поновити корак у цјелини и водећи рачуна да курсор буде позициониран унутар зеленог поља). Копирати линије са бројним вриједностима мјерених углова. Едитовати *BoxLayout.txt* тако што се у терминалу унесе команда:

```
gedit /etc/SARndbox-1.6/BoxLayout.txt.
```

У *BoxLayout.txt* фајлу замијенити четири задње линије са копираним вриједностима углова. Изглед фајла *BoxLayout.txt* би требао бити као у примјеру доле – наравно вриједности ће бити другачије сходно конфигурацији појединачног пјешчаног модела.

```
(-0.0076185, 0.0271708, 0.999602), -98.0000  
(-48.6846899089, -36.4482382583, -94.8705084084)  
(48.3653058763, -34.3990483954, -89.3884158982)  
(-50.674914634, 35.8072086558, -97.4082571497)  
(48.7936140481, 36.4780970044, -91.74159795)
```



Слика 56. Изглед пројектоване калибрационе мреже у сандук са пијеском. При врху десне стране сандука је уочљива је тест линија.

Извор: Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>

Снимити фајл и затворити едитор.

Корак 10. Поравнавање пројектора

Пројектор је потребно поравнати тако да пројектована слика испуњава унутрашњост сандука са пијеском. За ову операцију може се користити мрежа за калибрацију у оквиру корисничког интерфејса виртуелне стварности (Vrui). У терминалном прозору покрените команду:

```
XBackground
```

Извршењем команде појавиће се калибрациона мрежа (слика 56). Потребно је да мрежа испуњава цијели прозор екрана што ћемо добити притиском на F11. Прије поравнавања, у опцијама подешавања параметара пројектора, искључити опције дигиталне дисторзије слике (нарочито корекција трапезног у правоугаони екран – keystone correction) и користити само оптичке функције. Такође провјерити да ли пројектор долазећи видео мапира у размјеру 1:1 у односу на пикселе на екрану. Најбољи начин да се ово провјери јесте помоћу централне хоризонталне линије на тест екрану

у опцији XBackground. Она треба бити чистог облика без ступеничастог искривљавања са јасно уочљивом смјеном црних и бијелих вертикалних линија ширине једног пискела (слика 56). Притиском на ескаре изаћи из XBackground.

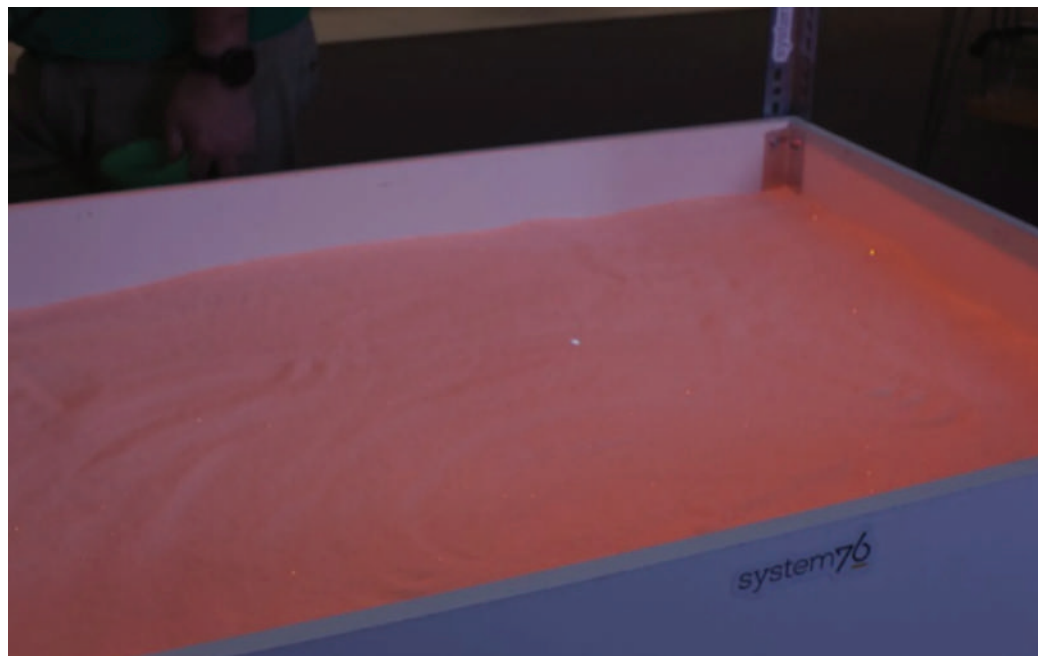
Корак 11. Калибрација пројектора и камере

Камеру кинекта и пројектор потребно је међусобно ускладити односно калибрирати. Покренути апликацију калибрирања пројектора наредбом у терминалу:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
./bin/CalibrateProjector -s <width> <height>
```

Вриједности <width> и <height> представљају ширину и висину пројектоване слике у пикселима. Она наравно зависи од врсте пројектора. За препоручени пројектор BenQ та команда би изгледала овако:

```
./bin/CalibrateProjector -s 1024 768
```



Слика 57. Изглед екрана (црвена боја пијеска) после активирање функције *recapture background*

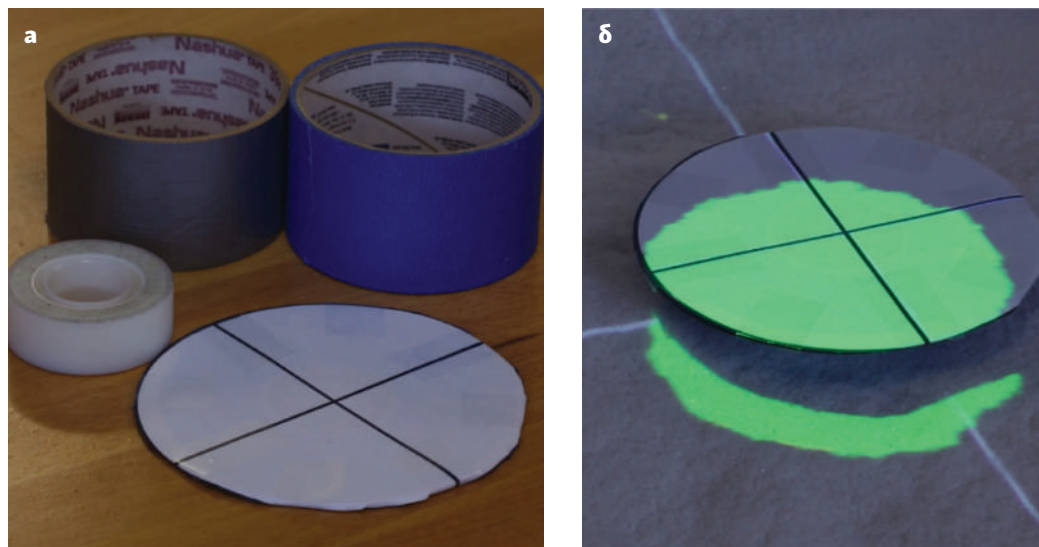
Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>

Прозор екрана апликације за калибрацију подесити на пуни екран.

У алатима додијелити опцијама Capture и Capture Background недодијељене типке према описаној процедури нпр. бројеве пет и шест. Да би процес калибрације започео притисните типку пет ради одређивања тачке за калибрацију. Потом се направи нека промјена у површини пијеска (нпр. ископа рупа) и притисне кратко типка пет (capture background) да би се одредила тачка калибрације за промјењену позадину.

Уколико се на притисак типке током процеса калибрације добије црвена боја на екрану то значи да је дошло до кориштења погрешне типке. Притиском на прву додијељену типку (број пет у нашем случају) бити ће одређена тачка калибрације и такође ће бити помјерен „нишан” калибрације. Друга додијељена типка (шест) има функцију да поново одреди тачку калибрације у промијењеној позадини (индикација тог процеса јесте појава црвеног екрана на пар секунди – слика 57) а не да предводи процес калибрације – помјера „нишан” на следећу позицију.

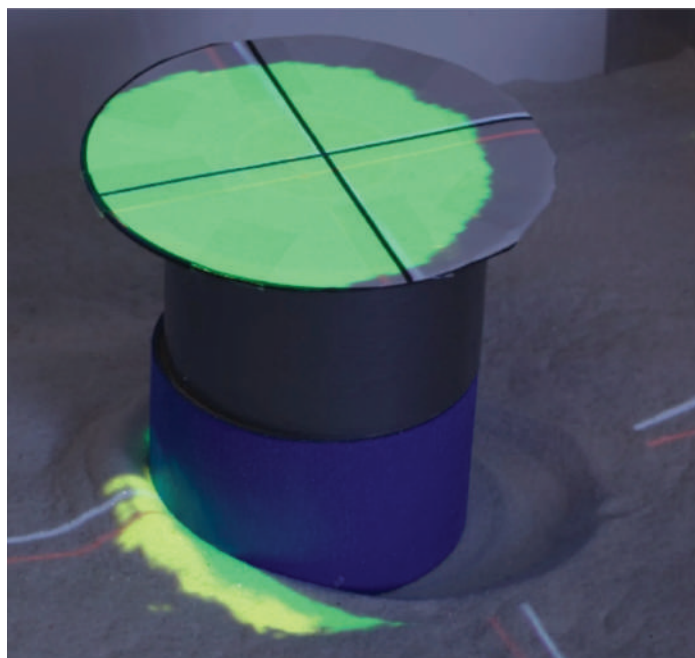
Да би се процедура калибрације наставила потребно је претходно направити „мете” односно „нишане” који ће послужити да се одреде кључне тачке калибрације на различитим висинским нивоима у сандуку са пијеском. Најједноставнији начин да се направе ове мете јесте да се направи круг од бијелог папира у димензијама CD-а или DVD-а, да се на њему уцртају пречници под углом од 90 степени, те да се папир залијепи на CD тако да буде центриран (слика 58). Такође, потребни су нам и одизачи на које ће се мета



Слика 58. а) Мета за одређивање тачака калибрације и подизачи за висинске зоне

б) Постављање мете на најнижи ниво – поравнање са пројектованом мрежом

Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>



Слика 59. Калибрација камере кинекта и пројектора на највишој зони

Извор: <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>

ослањати у току процеса калибрације. За подизаче најједноставније је користити траке са љепљивом фолијом (селотејп) чији пречник треба бити мањи од пречника CD-а.

Да би процес калибрације успио потребно је одредити по 12 тачака на барем двије висинске зоне, док је за оптималну калибрацију потребно да се тачке одреде у три висинске зоне.

Дакле, поступак калибрације потребно је наставити (у апликацији CalibrateProjector) после додијеливања типки које смо објаснили, тако што је потребно подизач (најмању селотејп траку) са метом (диском са бијелим папиром са линијама) поравнати са пресеком бијелог поља које је пројектовано на пијеску (слика 586). Пазити на поравнање и притиснути додијелену типку (у нашем случају пет) да би софтвер меморисао тачку калибрације. После краћег времена, пројектована мета на пијеску се помјера на следећи положај па је потребно поновити процедуру (дакле 12 положаја на овој висинској зони) све док се „нишан” не врати на онај први положај са кога смо кренули.

Сада је потребно исту процедуру поновити на следећој висини – користећи дебљу селотејп траку као подизач а потом и на трећој висини – користећи двије селотејп траке као подизаче (слика 59).

Када се процес калибрације заврши потребно је изаћи из апликације CalibrateProjector притиском на Esc. То ће довести до аутоматског креирања фајла /etc/SARndbox-1.6/ProjectorMatrix.dat.

Корак 12. Покретање пјешчаног модела проширене стварности

Да би се покренуо систем у терминалном прозору покренути наредбу:

```
cd ~/src/SARndbox-2.8  
./bin/SARndbox -uhm -fpv
```

Не заборавити подесити пуни екран притиском на F11 иначе се неће поравнати калибрација камере и пројектора.

Литература и извори

- 5 Top Augmented Reality Tools for App Development <https://program-ace.com/blog/augmented-reality-sdk/> Updated: May 14, 2021.
- Aristotel. (1987). *Fizika* (prevod T. Ladan). Zagreb. SNL.
- Augmented Reality in Surgery: How AR is revolutionising healthcare. <https://www.reydar.com/augmented-reality-surgery>
- Azuma, Ronald (August 1997). „A Survey of Augmented Reality”. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. MIT Press. 6 (4): 355–385. doi:10.1162/pres.1997.6.4.355.
- Balderstone, D. & Lambert, D. (2000). *Learning to Teach Geography in the Secondary School*. London/New York: Routledge.
- B. B. Bederson (1995). „Audio augmented reality: A prototype automated tour guide,” in *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems, CHI '95*, (New York, NY, USA), pp. 210–211, ACM.
- Bednarz, S.W. 2011. Maps and spatial thinking skills in the AP human geography classroom. Available at: http://apcentral.collegeboard.com/apc/public/courses/teachers_corner/151317.
- Ben Graves (3D World) November 04, 2020: WebAR: All you need to know about the next big thing.
- Bernard Marr (Sep 2, 2018) What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=68of56f69788>
- Bernhard Preim, Charl P Botha (2013). *Visual Computing for Medicine*, 2nd Edition. Morgan Kaufmann.
- Blazauskas, Tomas & Gudoniene, Daina. (2020). Virtual reality and augmented reality in educational programs. 10.4324/9781003001874-6.
- Buesing, M., & Cook, M. (2013). *Augmented Reality Comes to Physics. The Physics Teacher*, 51(4), 226–228. doi:10.1119/1.4795365
- Bujak, Keith & Radu, Iulian & Catrambone, Richard & Macintyre, Blair & Zheng, Ruby & Golubski, Gary. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*. 68. 536–544. 10.1016/j.compedu.2013.02.017.

- By Nick Wingfield and Mike Isaac (July 11, 2016). Pokémon Go Brings Augmented Reality to a Mass Audience <https://www.nytimes.com/2016/07/12/technology/pokemon-go-brings-augmented-reality-to-a-mass-audience.html>
- Calderone, Gary & Johnson, Wayne & Kadel, Steve & Nelson, Pamela & Butler, Robert. (2003). GeoScape: An instructional rock garden for inquiry-based cooperative learning exercises in introductory geology courses. *Journal of Geoscience Education*. 51. 10.5408/1089-9995-51.2.171.
- Cañas, P.M. (2019). The understanding of the body and movement in Merleau-Ponty. *Trans-form-acao*, 42, 201-226
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2016). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Lecture Notes in Educational Technology*, 13-18. doi:10.1007/978-981-10-2419-1_2
- Chi, M.T.H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Claudia.Cahalane (23 May 2017). Latest version of Smart Specs is sleeker with a focus on users who have tunnel vision. <https://abilitynet.org.uk/news-blogs/latest-version-smart-specs-sleeker-focus-users-who-have-tunnel-vision>
- Clemens Arth, Lukas Gruber, Raphael Grasset, Tobias Langlotz, Alessandro Mulloni, Dieter Schmalstieg, Daniel Wagner (2015). *The History of Mobile Augmented Reality Developments in Mobile AR over the last almost 50 years*. Inst. for Computer Graphics and Vision Graz University of Technology, Austria. Technical Report ICG-TR-2015-001 Graz.
- Colin Steele (August 2019). Google Glass. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Google-Glass>
- Coltekin, Arzu & Lochhead, Ian & Madden, Marguerite & Christophe, Sidonie & Devaux, Alexandre & Pettit, Christopher & Lock, Oliver & Shukla, Shashwat & Herman, Lukáš & Stachoň, Zdeněk & Kubicek, Petr & Snopková, Dajana & Bernardes, Sergio & Hedley, Nicholas. (2020). Extended Reality in Spatial Sciences: A Review of Research Challenges and Future Directions. *International Journal of Geo-Information*. 9. 10.3390/ijgi9070439.
- Craig, A. (2013). *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. Morgan Kaufmann.
- Deepshikha Shukla and Nijhum Rudra .(May 8, 2020).Market Survey: AR And VR Market Size Likely To Grow Exponentially. <https://www.electronicshub2b.com/editors-choice/ar-vr-market-size-likely-grow-exponentially>
- Demir, I., Yildirim, E., Sermet, Y. and Sit, M.A., 2018. FLOODSS: Iowa flood information system as a generalized flood cyberinfrastructure. *International journal of river basin management*, 16(3), pp.393-400.
- De Pace, Francesco & Manuri, Federico & Sanna, Andrea. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. *American Journal of Computer Science and Information Technology*. 06. 10.21767/2349-3917.100017

- Deyan G. (july 2021). 29+ Augmented Reality Stats to Keep You Sharp in 2021. <https://techjury.net/blog/augmented-reality-stats/>
- Erik Kirschbaum July 15, 2013. Seas May Rise 2.3 Meters per Degree C of Global Warming: Report <https://www.scientificamerican.com/article/seas-may-rise-23-meters-per-degree/>
- Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, and A. Webster (1997). „A touring machine: prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment,” in IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 74–81,
- Freitas, R., & Campos, P.F. (2008). SMART: a System of Augmented Reality for Teaching 2nd grade students. BCS HCI.
- G. Klein and D. Murray (2009). „Parallel tracking and mapping on a camera phone,” in IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), (Orlando), IEEE Computer Society.
- G. Klein and D. Murray (October 2007). Parallel tracking and mapping for small AR workspaces. In Proc 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'07).
- Golledge, R. G. (2002). The nature of geographic knowledge. *Annals of the Association of American Geographers* 92 (1): 1–14.
- G. Reitmayr and D. Schmalstieg (2001) „Mobile collaborative augmented reality,” in IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR), pp. 114–123.
- G. W. Fitzmaurice (1993). „Situating information spaces and spatially aware palm-top computers,” *Commun. ACM*, vol. 36, pp. 39–49.
- Henrysson, Anders (2007). Bringing Augmented Reality to Mobile Phones. [Необјављена докторска дисертација]. Department of Science and Technology Linköping universitet Norrköping.
- Hirokazu Kato and Mark Billinghurst (1999). Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99)*, pages 85–94.
- Hod, Yotam & Twersky, Daniel. (2020). *Distributed spatial Sensemaking on the augmented reality sandbox. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 15. 10.1007/s11412-020-09315-5.
- Hod, Yotam & Twersky, Daniel. (2020). Distributed spatial Sensemaking on the augmented reality sandbox. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 15. 10.1007/s11412-020-09315-5.
- I. E. Sutherland (1968). „A head-mounted three dimensional display,” in *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I, AFIPS '68 (Fall, part I)*, (New York, NY, USA), pp. 757–764, ACM.
- Ishii, Hirotake. (2010). Augmented Reality: Fundamentals and Nuclear Related Applications. *International Journal of NUCLEAR SAFETY AND SIMULATION*. 1
- Islam, Saiful & Bulbul, Farhad & Islam, Md. (2018). A Comparative Study on Human

- Action Recognition Using Multiple Skeletal Features and Multiclass Support Vector Machine. *Machine Learning and Applications: An International Journal*. 5. 01-15. 10.5121/mlaij.2018.5201.
- Izvor: <https://global.canon/en/technology/mr2019.html>
- Jennifer Booton (July 14, 2016). Pokemon Go's Influence on the AR Technology. <https://insights.weareaspire.com/post/102dizh/pokemon-gos-influence-on-the-ar-technology>
- Jennifer Kite-Powell. (Dec 28, 2020). How Augmented Reality Will Affect These Four Industries In 2021 <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2021/12/28/how-augmented-reality-will-affect-these-four-industries-in-2021/>
- J. Rekimoto (1998). Matrix: A realtime object identification and registration method for augmented reality. In *Proceedings of the Third Asian Pacific Computer and Human Interaction (APCHI '98)*, pages 63–69.
- JULIAN CHOKKATTU (01.16.2020) The Display of the Future Might Be in Your Contact Lens <https://www.wired.com/story/mojo-vision-smart-contact-lens/>
- Julie C. Libarkin & Christine Brick (2002). Research Methodologies in Science Education: Visualization and the Geosciences, *Journal of Geoscience Education*, 50:4, 449-455, DOI: 10.5408/1089-9995-50.4.449
- Kali, Yael & Orion, Nir. (1996). Spatial Abilities of High-School Students in the Perception of Geologic Structures. *Journal of Research in Science Teaching – J RES SCI TEACH.* 33. 369-391. 10.1002/(SICI)1098-2736(199604)33:43.O.CO;2-Q.
- KB, Ashwini and Patil, Preethi N and R, Savitha, Tracking Methods in Augmented Reality – Explore the Usage of Marker-Based Tracking (November 21, 2020). *Proceedings of the 2nd International Conference on IoT, Social, Mobile, Analytics & Cloud in Computational Vision & Bio-Engineering (ISMAC-CVB 2020)*, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3734851> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3734851>
- Kerawalla, Lucinda & Luckin, Rosemary & Seljeflot, Simon & Woolard, Adrian. (2006). Making it real: exploring the potential of Augmented Reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*. 10. 163-174. 10.1007/s10055-006-0036-4.
- Kiyokawa, K., Iwasa, H., Takemura, H., & Yokoya, N. (1998). Collaborative immersive workspace through a shared augmented environment. *Intelligent Systems in Design and Manufacturing*, 3517, 2–13.
- Kreylos, O. (2016). Intructions. <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/Instructions.html>
- Ladue, Nicole & Shipley, Thomas. (2018). Click-On-Diagram Questions: a New Tool to Study Conceptions Using Classroom Response Systems. *Journal of Science Education and Technology*. 27. 10.1007/s10956-018-9738-0.
- LaDue, N. & Moore, J. (2018). Using the Augmented Reality Sandbox to Improve Topographic Map Skill. <https://www.essoar.org/doi/abs/10.1002/essoar.10500262.1>

- Larangeira, Rhoda & van der Merwe, Clinton. (2016). Map literacy and spatial cognition challenges for student geography teachers in South Africa. *Perspectives in Education* 34(2). 34. 120-138. 10.18820/2519593X/pie.v34i2.9.
- Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, 56(2), 13-21. <https://doi.org/10.1007/S11528-012-0559-3>
- Liao, T. (2019). Future directions for mobile augmented reality research: Understanding relationships between augmented reality users, nonusers, content, devices, and industry. *Mobile Media & Communication*, 7(1), 131-149. <https://doi.org/10.1177/2050157918792438>
- Lohman, D. F. (1979). Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature (Tech. Rep. No. 8), Stanford, CA: Stanford University, Aptitude Research project, School of Education
- Madeleine Gregg (1997). Problem Posing from Maps: Utilizing Understanding, *Journal of Geography*, 96:5, 250-256, DOI: 10.1080/00221349708978799
- Matt Bower, Cathie Howe, Nerida McCredie, Austin Robinson & David Grover (2014) Augmented Reality in education – cases, places and potentials, *Educational Media International*, 51:1, 1-15, DOI: 10.1080/09523987.2014.889400
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31-43. <https://doi.org/10.1007/BF02300480>
- McGee, M. G. (1979). *Human Spatial Abilities: Sources of sex differences*. New York, Praeger
- Merleau-Ponti, M. (1990). *Fenomenologija percepcije*, Veselin Masleša, Svjetlost, Sarajevo.
- Mike Moore.(November 2019). „What is Industry 4.0? Everything you need to know”. *TechRadar*. Retrieved 27 May 2020.
- Milgram, P., and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Inform. Syst.* 77, 1321-1329.
- Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments. In J. S. Gero (Ed.), *Studying visual and spatial reasoning for design creativity* (pp. 179-192). New York, NY: Springer.
- Noort, Josien & van Beek, Nathalie & Kraan, Thomas & Veeger, Dirkjan & Stegeman, Dick & Veltink, Peter & Maas, Huub. (2016). Variable and Asymmetric Range of Enslaving: Fingers Can Act Independently over Small Range of Flexion. *PLOS ONE*. 11. e0168636. 10.1371/journal.pone.0168636.
- Peter Clark, (maj 2019). <https://variety.com/2019/gaming/features/pokemon-go-creator-on-augmented-realitys-massive-potential-1203169992/>
- Piaget Jean, Inhelder Barbel (1968): *The Childs Conception of Space*. Norton. New York
- Qiao, Xiuquan & Ren, Pei & Dustdar, Schahram & Liu, Ling & Ma, Huadong &

- Junliang, Chen. (2019). Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality – State of the Art, Challenges, and Insights. *Proceedings of the IEEE*. 107. 1–16. 10.1109/JPROC.2019.2895105
- Reed, S., Hsi, S., Kreylos, O., Yikilmaz, M.B., Kellogg, L.H., Schladow, S.G., Segale, H., and Chan, L. (2016). Augmented Reality Turns a Sandbox into a Geoscience Lesson, *EOS* 97, <https://doi.org/10.1029/2016EO056135>
- Reed, S. E. ; Kreylos, O. ; Hsi, S. ; Kellogg, L. H. ; Schladow, G. ; Yikilmaz, M. B. ; Segale, H. ; Silverman, J. ; Yalowitz, S. ; Sato, E. (2014). Shaping Watersheds Exhibit: An Interactive, Augmented Reality Sandbox for Advancing Earth Science Education.
- Richardson, R., Sammons, D., & Delparte, D. (2018). Augmented affordances support learning: Comparing the instructional effects of the augmented reality sandbox and conventional maps to teach topographic map skills. *Journal of Interactive Learning Research*, 29(2), 231–248
- RobKooper&BlairMacIntyre(2003)BrowsingtheReal-WorldWideWeb:Maintaining Awareness of Virtual Information in an AR Information Space, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16:3, 425-446, DOI: 10.1207/S15327590IJHC1603_3
- Salierno, Christina & Edelson, Daniel & Sherin, Bruce. (2005). The Development of Student Conceptions of the Earth-Sun Relationship in an Inquiry-Based Curriculum. *Journal of Geoscience Education*, Vol. 53, No. 4, p. 422-431. 53. 10.5408/1089-9995-53.4.422.
- Sermet, Yusuf&Demir,Ibrahim. (2020). Virtual and Augmented Reality Applications for Environmental Science Education and Training. 10.4324/9781003001874-17
- Sermet, Yusuf&Demir,Ibrahim. (2020). Virtual and Augmented Reality Applications for Environmental Science Education and Training. 10.4324/9781003001874-17
- Shanhong Liu (Oct 22, 2020). Augmented reality market size worldwide 2017–2025
- Shelton B., Hedley N. (2002) Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. In *The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*. Darmstadt Germany.
- Shelton B, Hedley N (2003) Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality. *Tech., Inst., Cognition and Learning* 1:323-357
- Shepardson, Daniel & Wee, Bryan & Priddy, Michelle & Harbor, Jon. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*. 44. 327–348. 10.1002/tea.20161.
- T. Caudell and D. Mizell (1992). „Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes,” in *System Sciences*, 1992. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on*, vol. ii, pp. 659–669 vol.
- T. Darrell, G. Gordon, J. Woodfill and M. Harville (1998). „A virtual mirror interface

- using real-time robust face tracking,” Proceedings Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 616-621, doi: 10.1109/AFGR.1998.671016.
- Terri L. Woods, Sarah Reed, Sherry Hsi, John A. Woods & Michael R. Woods (2016). Pilot Study Using the Augmented Reality Sandbox to Teach Topographic Maps and Surficial Processes in Introductory Geology Labs, *Journal of Geoscience Education*, 64:3, 199-214, DOI: 10.5408/15-135.1
- Thomas E. Davenport, Nancy J. Phillips, Bruce A. Kirschner, Lyn T. Kirschner (1996)., The watershed protection approach: A framework for ecosystem protection, *Water Science and Technology*, Volume 33, Issues 4-5, Pages 23-26.
- Thompson, Evan. (2007). *Mind in Life. Biology, Phenomenology and the Sciences of Mind*. Harvard University Press.
- Trifunović, M., & Petrašević, A. (2021a). THE MAIN CHARACTERISTICS OF SPATIAL THINKING IN HIGH-SCHOOL GEOGRAPHY TEXTBOOK QUESTIONS AND TASKS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA (B&H). *Proceedings, International scientific conference, Geobalcanica 2021*.
- Trifunović, M., & Petrašević, A. (2021b). A TEACHER IN THE AUGMENTED REALITY ENVIRONMENT. *Knowledge International Journal*, 46(1), 105 – 109. Retrieved from <http://www.ikm.mk/ojs/index.php/KIJ/article/view/5146>.
- Trifunović, M., & Petrašević, A. (2021b). USE OF THE GENERIC CONCEPTION OF CREATING GRAPHIC ILLUSTRATION IN TEACHING CARTOGRAPHIC CONTENT IN THE SIXTH GRADE OF PRIMARY SCHOOL, *Collection of Papers, INNOVATIVE APPROACH AND PERSPECTIVES OF THE APPLIED GEOGRAPHY*, pp. 297-302, Novi Sad.
- Unwin David J.(2010). *Numbers aren't nasty: a workbook of spatial concepts*. SPLINT. London.
- Varela et al (2016) *The Embodied Mind, Cognitive science and human experience*. The MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of L. S. Vygotsky, Vol. 1. Problems of general psychology*. (R. W. Rieber & A. S. Carton, Eds.). Plenum Press.
- Watson, G. (January 7, 2019). Augmented Reality Giving Landscape Architecture Students Vital Learning Tool <https://today.ttu.edu/posts/2019/01/Stories/augmented-reality-sandbox>
- Wenguang Mao, Jian He, and Lili Qiu. 2016. CAT: high-precision acoustic motion tracking. In *Proceedings of the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom '16)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 69-81. DOI: <https://doi.org/10.1145/2973750.2973755>
- Yadav, N. (Oktobar, 2018). Understanding display techniques in Augmented Reality. <https://blog.prototypr.io/understanding-display-techniques-in-augmented-reality-c258b911b5c9>
- Zarraonandia, Telmo & Aedo, Ignacio & Díaz, Paloma & Montero, Alvaro. (2013). *An Augmented Lecture Feedback System for Supporting Learner and Teacher*

- Communication. British Journal of Educational Technology. 44. 2013. 10.1111/bjet.12047.
- Zhang, Wenxiao & Lin, Sikun & Hassani Bijarbooneh, Farshid & Cheng, Hao & Hui, Pan. (2018). CloudAR: A Cloud-based Framework for Mobile Augmented Reality.
- Zhang, Wenxiao & Lin, Sikun & Hassani Bijarbooneh, Farshid & Cheng, Hao & Hui, Pan. (2018). CloudAR: A Cloud-based Framework for Mobile Augmented Reality
- Zheng, F. (2015). SPATIO-TEMPORAL REGISTRATION IN AUGMENTED REALITY. Chapel Hill, NC: University of North Carolina at Chapel Hill Graduate School. <https://doi.org/10.17615/pw64-4p19>
- Гадамер, Х. Г. (1978). Истина и метода. ИП Веселин Маслеша. Сарајево.
- Извор: <https://monobanda.eu/project/mimicry>
- Mohring, C. Lessig, and O. Bimber (2004). „Video see-through ar on consumer cell-phones,” in IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp. 252–253.
- Марић, Ђ., Трифуновић, М. (2014). Практикум из методике наставе географије. Универзитет у Бањалуци, Природно-математички факултет.
- Милутиновић, Ј. (2011). СОЦИЈАЛНИ КОНСТРУКТИВИЗАМ У ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАЊА И УЧЕЊА Зборник Института за педагошка истраживања ISSN 0579-6431 Година 43 • Број 2 • Децембар 2011 • 177–194
- Стојшић, И. (2020). МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ПРОШИРЕНЕ И ВИРТУЕЛНЕ РЕАЛНОСТИ У НАСТАВИ И УЧЕЊУ ГЕОГРАФИЈЕ. (Необјављена докторска дисертација). УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ ДЕПАРТАМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ И ХОТЕЛИЈЕРСТВО.
- Трифуновић, М. (2018). Мјесто географског образовања у доба STEM дисциплина? Herald, 22, 21–33. doi:10.7251/HER2218021T
- Трифуновић, М. (2020a). Одређење просторног мишљења. Од концепата ка концепцијама. Herald, 24, 77–89. <https://doi.org/10.7251/HER2024077T>
- Трифуновић, М. (2020б). Сазнајне вриједности метафоре у настави географије. Herald, 24, 127–138. <https://doi.org/10.7251/HER2024127T>
- Трифуновић, М. (2020в). Просторно мишљење у геонаукама – основне концепције, модели психокогнитивног развоја и методологија истраживања. Географско друштво Републике Српске. Бањалука.
- Хегел, Г.В.Ф. (1974). Феноменологија духа. Београд: БИГЗ.

Интернет извори

- <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SoftwareInstallation.html>
- <https://support.system76.com/articles/ar-sandbox>
- <https://www.zenka.org/#/timeline-vr-heads/>

<https://monobanda.eu/project/mimicry>
<http://cs.sandystation.cz>
<https://www.bannerflow.com/blog/pokemon-go-augmented-reality-changing-marketing/>
<https://global.canon/en/technology/mr2019.html>
<https://www.statista.com/statistics/1033162/healthcare-ar-and-vr-market-forecast-worldwide-by-region/>
<https://oxsightglobal.com/onyx/>
<https://www.lasereyesurgeryhub.co.uk/data/visual-impairment-blindness-data-statistics/>
<https://sites.allegHENY.edu/news/2015/02/23/students-get-their-hands-dirty-with-new-augmented-reality-sandbox/>
<https://program-ace.com/blog/webar/>

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

004.94:528.4]:378.147

ТРИФУНОВИЋ, Млађен

Пјешчани модел проширене стварности : историјат, основне компоненте и употреба у развоју просторног мишљења у топографском моделовању : монографија / Млађен Трифуновић, Александра Петрашевић. - Бања Лука : Географско друштво Републике Српске, 2021 (Бања Лука : Арт принт). - 172 стр. : илустр. ; 25 см. - (Посебна издања / Географско друштво Републике Српске ; књ. 54)

Тираж 200. - Прилог: стр. 151-164. - Библиографија: стр. 165-172.

ISBN 978-99976-937-4-7

1. Петрашевић, Александра, 1977- [аутор]

COBISS.RS-ID 134415361

Књига представља примјер у којем правцу ће се развијати дидактичко-методолошки приступ настави географије и који се задаци постављају пред наставнике у циљу модернизације наставног процеса.

Из наведеног разлога ова књига биће корисна литература студентима из области методике географије, картографије и физичке географије и стручна методичка литература за припрему и реализацију савремене наставе.

Др Мира Мандић, редовни професор
Универзитет у Бањој Луци
Природно-математички факултет

У овој монографској публикацији, коју одликује актуелност, аутори се баве пјешчаним моделом проширене стварности који омогућава савремени, дигитализовани приступ настави у ери дигитализације и има значајну апликативну вриједност.

Овакав дидактички модел погодан је за учење и поучавање концептуалног знања, у овом случају првенствено картографских и географских вјештина. Као такав може бити од користи свим стручњацима из сфере образовања а нарочито наставницима и студентима из области геонаука.

Др Милка Грмуша, ванредни професор
Универзитет у Источном Сарајеву
Филозофски факултет

ISBN 978-99976-937-4-7



Млађен Трифуновић рођен је 28. 09. 1972. у Јајцу. Дипломирао на Одсјеку за географију Природно-математичког факултета у Бањалуци 2002. године. На Филозофском факултету у Бањалуци на Одсјеку за филозофију и социологију дипломирао 2008. године. Магистрирао 2011. године на Одсјеку за географију Филозофског факултета у Источном Сарајеву, а докторирао 2015. године на Природно-математичком факултету, Универзитета у Бањалуци. Запослен на Природно-математичком факултету у Бањалуци.

Александра Петрашевић рођена је 7. септембра 1977. године у Бањој Луци. Основну и средњу школу (гимназију) завршила је у Бањој Луци. Дипломирала је 2001. на Одсјеку за географију Природно-математичког факултета у Бањој Луци. Постдипломске студије завршила је 2004. године на Одсјеку за географију Природно-математичког факултета Универзитета у Бањој Луци, а докторирала на Географском факултету у Београду 2009. године. Од 2001. године стално је запослена на Природно-математичком факултету Универзитета у Бањој Луци