

# Методология за проектиране и разработка на приложения с VR в областта на КИИ

Димо Чотров, Антония Ташева, Иван Момчев  
Технически университет, София

**Абстракт:** В статията са разгледани възможностите, които дава въвеждането на технологиите за виртуална реалност в сферата на културно-историческото наследство. Направен е преглед на настоящото състояние и е предложена методология за създаването на такива приложения в съвместна екипна работа между ИТ, КИИ и други специалисти.

**Ключови думи:** virtual reality (VR), digital heritage.



*Dr Dimo Chotrov is an Assistant Professor in the Faculty of Computer Systems and Technologies. He specializes in Virtual and Augmented Reality Technologies.*

*Dr Antoniya Tasheva is Vice Dean and Associate Professor in the Faculty of Computer Systems and Technologies. She works in the field of Applied Software Technologies, Cryptography and Algorithms.*

*Prof. Dr Ivan Momchev is a longtime lecturer in the field of computer technologies. His main interests are related to object-oriented programming, distributed programming, graphical user interfaces, Internet programming, intelligent systems.*

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното общество вече приема за неизменен елемент от ежедневието си интернет свързаността и използването на различни технологични устройства, от компютъра на работа, през телефона в джоба ни, до така наречените смарт устройствата в дома ни. Технологиите за виртуална реалност (VR) се развиват бързо през последните години и намират все по-широко приложение. Такива сфери са автомобилната индустрия (проектиране и симулации), здравеопазването (обучение, виртуални операции), недвижимите имоти (създаване на интериор и обзавеждане) и архитектурата, образованието и интерактивни игри. Сфери, позволяващи интердисциплинарна работа между специалистите по VR и екипи работещи в областта на културно-историческото наследство (КИИ), са туризмът като цяло и предоставянето на един по-различен начин за взаимодействие на човека с обектите на КИИ.

COVID-19 пандемията промени начина на живот на хората през последната година, като наложи немислими до момента ограничения. Музеи, галерии, кинозалони и театри биват затворени, като според Международния съвет на музеите (ICOM) над 10% от тях – завинаги<sup>1</sup>. Въпреки предизвикателствата много от засегнатите развиват потенциала на започналата отдавна дигитализация и разширяват присъствието си в интернет пространството, предоставяйки достъп до колекциите си под формата на детайлни виртуални разходки. Погледнато така, пандемията дава гласък за дигитална революция при га-

<sup>1</sup> Georgiev 2020.



Фигура 1. Екранна снимка от виртуална разходка гробницата на фараон Рамзес VI

лериите и музеите<sup>2</sup>, а хората потърсиха алтернативни начини за самообогатяване и забавление, бидейки ограничени от физическо пътуване.

Чрез проучване в общодостъпното интернет пространство можем да установим, че редица чуждестранни и български музеи и галерии са предоставили свободен виртуален достъп до своите експозиции. Посредством технологиите на платформата YouVisit<sup>3</sup> можем да „посетим“ дистанционно Лувъра<sup>4</sup>. За да разгледаме National Museum of Computing<sup>5</sup> в Обединеното Кралство или да се „разходим“ в гробницата на фараон Рамзес VI<sup>6</sup>, откъдето е показана екранна снимка на **фиг. 1**, с помощта на платформата MatterPort<sup>7</sup>.

Същата платформа използват например Националният природонаучен музей към Българската академия на науките<sup>8</sup> и Националният археологически институт с музей<sup>9</sup>, а от Националната библиотека „Св. св. Кирил и Методий“<sup>10</sup> са избрали платформата TourMake<sup>11</sup>, която надгражда функционалностите на Google

Street View<sup>12</sup>. Виртуалният музей на НВИМ<sup>13</sup> разполага с виртуална разходка в етажите на музея, която по своето съществуване представлява набор от панорамни снимки с много високо качество, разположени по картата на музея, използвайки софтуера Panotour Pro.

Много по-познат на потребителите е библиотечният софтуер iLib, който се използва в множество културно-исторически институции в страната. Такъв пример е дигиталната платформа на Столична библиотека<sup>14</sup>, където се предоставя достъп до дигитализираното съдържание и архивите. Липсват обаче асоциативни връзки както между различните дигитални обекти, така и между тях и виртуалните галерии. Често метаданните за обектите са непълни или липсват, което затруднява търсенето и машинната обработка.

Тук можем да поставим въпроса – как може наличното дигитално съдържание да бъде предоставено на заинтересованите хора по по-атрактивен и същевременно полезен и

<sup>2</sup> Ings 2021.

<sup>3</sup> YouVisit link.

<sup>4</sup> Louvre link.

<sup>5</sup> National Museum of Computing link.

<sup>6</sup> Tomb of Pharaoh Ramses VI link.

<sup>7</sup> MatterPort link.

<sup>8</sup> National Museum of Natural History link.

<sup>9</sup> Bulgarian Archaeological Institute with Museum link.

<sup>10</sup> National Library link.

<sup>11</sup> TourMake link.

<sup>12</sup> Google Street View link.

<sup>13</sup> Military Museum link.

<sup>14</sup> Sofia Library link.

удобен за ползване начин? Как може да се приложи интердисциплинарният подход, за да се постигнат по-добри резултати? В настоящата статия ще предложим методология за проектиране и разработка на приложения с виртуална реалност в областта на културно-историческото наследство, като обърнем внимание на спецификите и разликите с разработката на традиционен софтуер.

## 2. АКТУАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

От гореизброените сфери могат да се заимстват идеи за постигането на допълнителни изживявания в музеи и галерии, симулации на отминали епохи и изгубени или разрушени обекти, симулации и виртуално участие в занаяти и обреди, VR обучителни игри, процедури за уелнес и постигане на отпускане и психически комфорт, медитация.

Можем да определим две основни посоки при внедряването на виртуалната реалност, а именно създаването на приложения с голямо („потапящо“) въздействие или изпълнението на функционални цели. При първата най-важно е възприятието на крайната реконструкция и затова се разчита тя да бъде красива, без да се търси пълна метрична точност. При второто направление най-често се цели напълно реалистично представяне на околната среда или обекти, които вече не съществуват или не са достъпни за общността.

Още през 2016 г. Fassi и екип<sup>15</sup> описват своето изследване за приложението на нови потапящи техники за VR в областта на архитектурата и управлението на съоръженията. Създаден е пълен 3D модел с висока разделителна способност, който се използва като помощно средство за дейностите по поддръжката на катедралата в Милано. Екипът дефинира стъпките по измерване на архитектурата, нейното моделиране, създаване на информационна система на сградата (BIM) и VR система. Установен е важен проблем, свързан с необходимостта за опростяване на мрежата на 3D виртуалния модел при генерирането на различни изгледи.

Друго изследване<sup>16</sup> обръща внимание на употребата на т.нар. виртуални хора във VR приложения за културно наследство, подчертавайки техническите усилия, които стоят зад генерирането, интегрирането и симулацията на виртуални хора в 3D виртуални среди. Понасто-

ящем виртуалните хора се използват главно за две основни цели: попълване на реконструирани 3D градове с цел вдъхване на живот във виртуална среда или използвани като разговорни агенти, действащи като екскурзоводи за виртуални или реални обекти на наследството. Виртуалните екскурзоводи помагат за насочване на посетителите към конкретни точки на интерес и са доставчик на информация, като предлагат факти за обекта и неговите артефакти, като по този начин допринасят за превръщането на 3D средата в по-оживено, привлекателно и по-лесно за ориентиране място, с положителен ефект върху резултата от обучението и изживяването.

Проектът *ArkaeVision*<sup>17</sup> представлява опит за изграждане на цялостна дигитална среда, която може да доведе обществеността до потапящо културно преживяване по различни начини, включващи игри на място, образователна и онлайн подкрепа и дейности до конкретното посещение на музея. *ArkaeVision* се основава на концепцията „потребител в центъра“ и комбинира в структурата си възможностите за разказване на истории, VR и AR елементи, за да се постигне система, включваща високо ниво на изпълнение както за 3D графиката, така и за културното съдържание. Авторите определят възможността за внимателно профилиране на потребителите и тяхната оценка като основен фактор за разпространението на нова пазарна среда за културни продукти.

Друго изследване на ориентиран към потребителите продуктов дизайн за създаване на приложение за виртуална реалност (VR), специално предназначено за мултидисциплинарни цели е *Poux, Valembois, Mattes et al. 2020*<sup>18</sup>. Изучават се начини за взаимодействие с висококачествени 3D реконструкции в реален сценарий, приложен към Jehau в Белгия. Статията предлага изглед на високо ниво за мултидисциплинарни процеси, от анализ на нуждите до работен процес за улавяне на 3D реалност и създаване на VR среда, включена в потапящо приложение. Представени са няколко VR параметъра за оптимизиране на сцената, системата за движение и многопотребителска среда, които са тествани в контекста на туризма на наследството.

Интерес представлява и още едно проучване<sup>19</sup>, свързано с предложение за адаптиране на спринт подхода на Jake Knapp за разработка на приложения, така че да се приложи в областта

<sup>15</sup> Fassi et al. 2016.

<sup>16</sup> Machidon, Duguleana, Carrozzino et al. 2018.

<sup>17</sup> Bozzelli, Raia, Ricciardi et al. 2019.

<sup>18</sup> Poux, Valembois, Mattes et al. 2020.

<sup>19</sup> Southall, Marmion, Davies 2019.

на дигиталното наследство. Отчитайки всички плюсове на употребата на съвременни дигитални устройства при привличането на повече посетители, авторите се фокусират над рисковете, произлизащи от разработката на софтуер. Един от тях е създаването на софтуер, който е възможно да е неизползваем или нежелан. За да се елиминира този риск, се препоръчва в най-ранен стадий на разработката да се определят приоритетите за потребителското изживяване и възможните проблеми, свързани с него. Авторите тестват адаптиран тридневен график за прототипиране, включващ шест стъпки: дефиниране на проблем; генериране на идеи за решение; избор на решения; създаване на прототип; тестване и представяне; оценка на обратната връзка. Основната причина за избор на обекта на прототипното приложение, а именно римският град Chester в Обединеното Кралство, е наличието на материали и информация за неговото съдържание.

### 3. ПРОЕКТИРАНЕ И РАЗРАБОТКА НА ПРИЛОЖЕНИЯ С VR

Нека първо за пълнота дефинираме понятието *виртуална реалност*. Тя се определя като компютърно генерираната симулация на триизмерно изображение или среда, но основна нейна характеристика е възможността да се взаимодейства с нея по привидно реален или физически начин. За да може да се случи това взаимодействие, човек използва специално електронно оборудване, като например каска с вграден екран и/или ръкавици, снабдени със сензори. Самата виртуална реалност може да съдържа в себе си отделни елементи – 3D обекти, или цялостна картина – 3D (стереоскопично) видео.

#### Фундамент за VR

Три са основните компоненти, необходими за изграждането на приложение за VR: (1) хардуер, (2) съдържание и (3) софтуер. По-долу ще разгледаме някои техни специфики и подгрупи, необходими за разбирането на задачата по създаване на едно VR приложение за КИН от интердисциплинарен екип.

*Хардуерът* включва различните физически устройства, необходими както за възпроизвеждането на компютърно генерираната симулация, така и за извършване на взаимодействието човек – система. Съществуват редица марки устройства, но по своя принцип те биват категоризирани като специални стереоскопични екрани (пасивни, активни или с отделни

екрани за всяко око); High-end графични адаптери; комплексни устройства (тип всичко-в-1, компютри, компютърни кластери и др.). При специализираните устройства за взаимодействие също се наблюдава голямо разнообразие, но най-общо те се делят на проследяващи системи (следящи движенията на потребителя) и контролери за взаимодействие (целящи постигане на интуитивно и естествено взаимодействие чрез глас, жестове, мирис и др.).

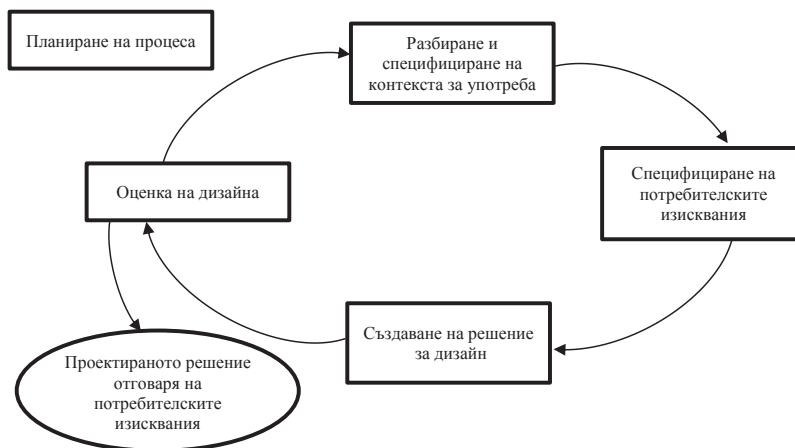
Вторият компонент, най-общо именуван *съдържание*, представлява набор от всички данни и информация, която следва да се възпроизведе в приложението. Основният тип данни за VR са *3D моделите*. За генерирането им могат да се използват приложения за създаване на дигитално съдържание (Digital Content Creation – 3D Studio Max, Maya, Blender, и др.), приложения за компютърно подпомогнат дизайн (Computer-aided design – Solidworks, Catia, Creo (ProEngineer), и др.), фотограмметрия (Photogrammetry) и 3D сканиране. Върху вече създадените 3D модели се дефинират *анимации*, които да прибавят движение и да „съживят“ изгражданата сцена. Възможно е добавянето на изображения и видеа, които могат да бъдат както моно-, така и стереоскопични. Незменна част от потапящото изживяване са и звуците, представени чрез аудиофайлове.

Последният, но не по важност, компонент във VR приложенията е *софтуерът*, представляващ свързващият елемент между хардуера и съдържанието. Той служи за изграждането и поддържането на виртуалната среда, дефинира и следи начините за взаимодействие със симулацията. За създаването му може да се пише изцяло базов код или да се използват пакети за разработка на софтуер, базирани на граф на сцена (Scene-graph based software development kits (SDKs)), като OpenXR, Oculus Rift, NVidia VRWorks, OSVR SDK, Three.js (web) и др. или игрови двигатели (Game engines), като Unity, Unreal Engine, Babylon.js (web) и др.

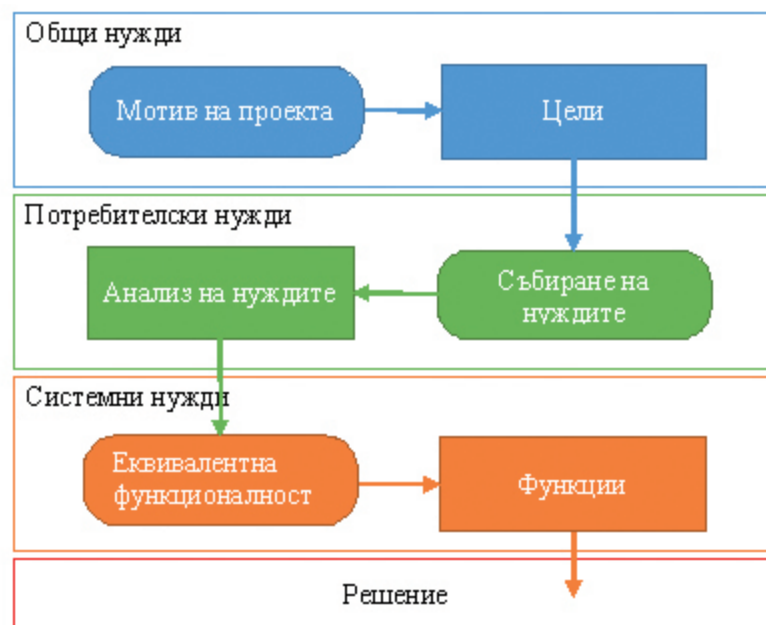
#### Стъпки на методологията

Методологията на този проект е вдъхновена от методите за проектиране, използвани в компютърно-базирани системи и конкретно стандартът ISO 9241-210<sup>20</sup> за дизайна на интерактивни системи, ориентирани към човека (**фиг. 2**). Подходът съчетава практики на Human-Centered Design и Collaborative Design, като набляга на участието на екипите от разработчици, експерти и потребители за създаването и поддържането на един качествен и ползваем VR продукт.

<sup>20</sup> ISO 9241-210:2019.



**Фигура 2.** ISO 9241-210 жизнен цикъл на ориентиран към човека дизайн за компютърно-базирани интерактивни системи



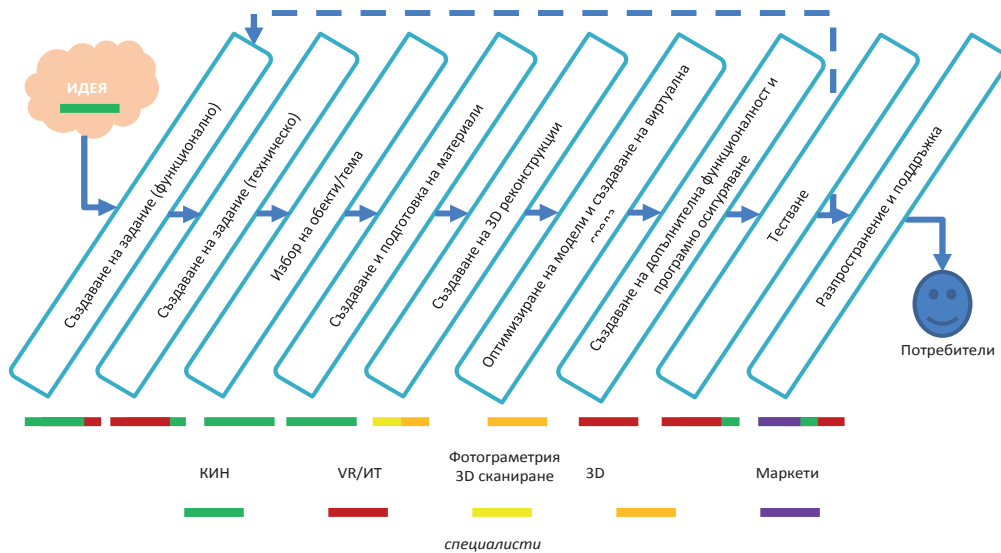
**Фигура 3.** Диаграма на анализ на нуждите

Използвайки диаграмата за анализ на нуждите (фиг. 3), можем по един последователен начин да специфицираме процеса по определяне на изискванията по създаване на заданието чрез определяне на общите, потребителските и системните нужди за изграждане на решението. Така основните 4 стъпки от цикъла ще се разделят на подзадачи.

Използвайки парадигмите на съвместното разработване (Collaborative Design), стъпките могат да се групират и изпълняват заедно в зависимост от отговорните участващи експерти. Така можем да дефинираме 4 групи – подготовка, разработка, верификация и разпространение.

В първата група попадат задачите по формиране на идеята, създаване на функционално

задание, създаване на техническо задание и избор на обекти и теми за формирането на един общ сценарий на приложението. Втората група „разработка“ включва създаване и подготовка на материали, специфичните 3D реконструкции, модели и анимации, оптимизиране на модели и създаване на виртуална среда, създаване на допълнителна функционалност и програмно осигуряване. Групата по верификация включва процесите по тестване – както програмно, така и от страна на потребителите. Последната група отговаря и на последната фаза от жизнения цикъл на приложението, където се извършват дейностите по разпространение и поддръжка. При наличие на открити несъответствия разполагаме с обратна връзка към всеки един от предходните етапи.

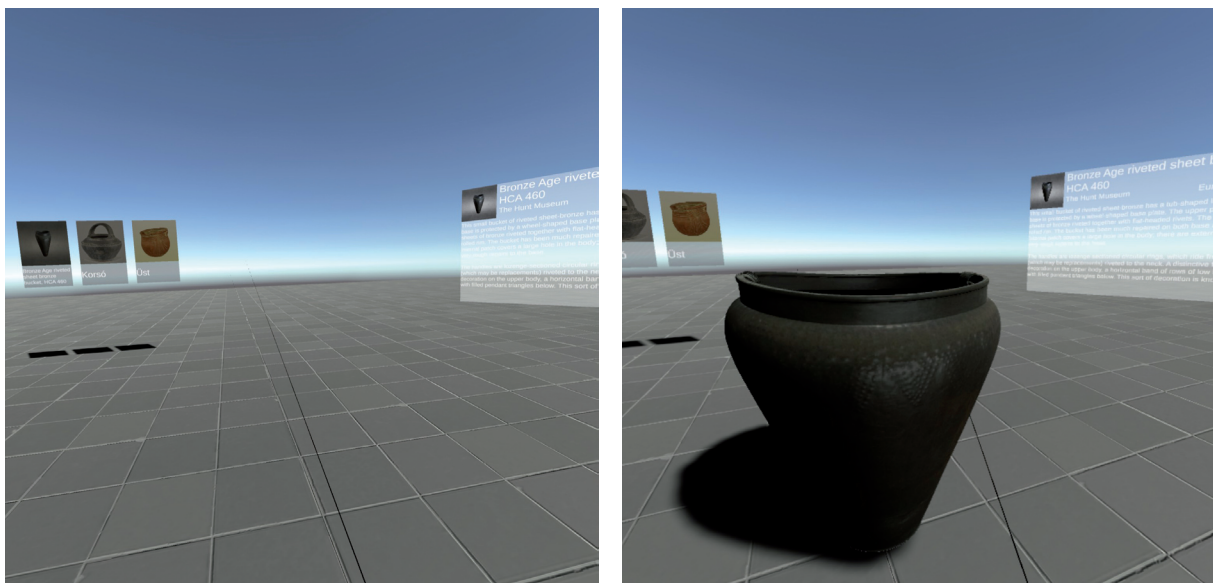


Фигура 4. Стъпки на методологията с отговорности към типове специалисти

За да се разпределят отговорностите и задълженията по реализацията на отделните стъпки се дефинират основните типове специалисти, участващи в разработката на VR приложението за КИН. Това са (1) Специалисти КИН, (2) Специалисти VR/ИТ, (3) Специалисти Фотограмметрия/3D сканиране, (4) 3D дизайнери и (5) Маркетинг специалисти. С цветовия код на **фиг. 4** са дадени водещите роли на типовете специалисти във всяка една от стъпките на методологията. В почти всяка от стъпките следва да се осъществи колаборация между тях, което е и същността на интердисциплинарния подход.

#### 4. РАЗРАБОТЕНИ ПРИМЕРНИ ПРОТОТИПИ

За да се извърши верификация на предложената методология, са създадени два прототипа на VR приложения за КИН. За разработката е използван Unity Game Engine + OpenXR<sup>21</sup> (последното позволява приложението да работи с различни VR устройства). За заснемането на 360-градусовите видеа е използвана камера Kandao QooCam. Приложението е тествано с HTC Vive и Oculus Rift S.



Фигура 5. Екранни снимки от VR системата за търсене и визуализация на КИН обекти, показващи резултати от търсене, и детайли за обект, извлечени от Europeana (ляво) и импортиран модел (дясно)

<sup>21</sup> OpenXR линк.

### VR система за търсене и визуализация на КИИ обекти

Приложението осъществява достъп до базата данни на Euroreana посредством публичното API на платформата (Euroreana Pro). Реализирани са методи за търсене измежду обектите на КИИ, съхранени в тази база данни, и при наличие на 3D модел е възможно т.нар. импортиране (вмъкване) на съответния обект във виртуалната среда, където потребителят може да го разгледа и взаимодейства с него.

Приложението представя възможностите за използване на VR технологиите за извършване на търсене на съдържание (основно тримерни модели, но може и снимки/видео/текст и др.) в публични бази данни, като се предостави възможност това съдържание да бъде свалено и внедрено в съществуващата виртуална среда в реално време. Самото търсене се извършва директно във VR, което дава някои предимства:

- VR предоставя уникална възможност за интуитивно и естествено взаимодействие със системата и средата;
- Във VR работното пространство е много по-голямо, може да заобикаля потребителя от всички страни, което дава възможност за по-удобно и разполагане на интерфейси, съдържание и по-добра ориентация на потребителя;
- Пространственото възприятие улеснява потребителя в откриването на търсено съдържание и подобрява разбирането на представената информация.

Приложението също така открива врати към много нови възможности:

- Търсенето може да се разшири като дава възможност за използване на семантични връзки, което да улесни потребителите в намиране на свързани данни/съдържание;
- Възможността за достъпване (и импортиране) на съдържание от публични бази дан-

ни разширява значително обсега на достъпните за потребителя – позволява лесно и удобно изследване едновременно на съдържание от различни източници;

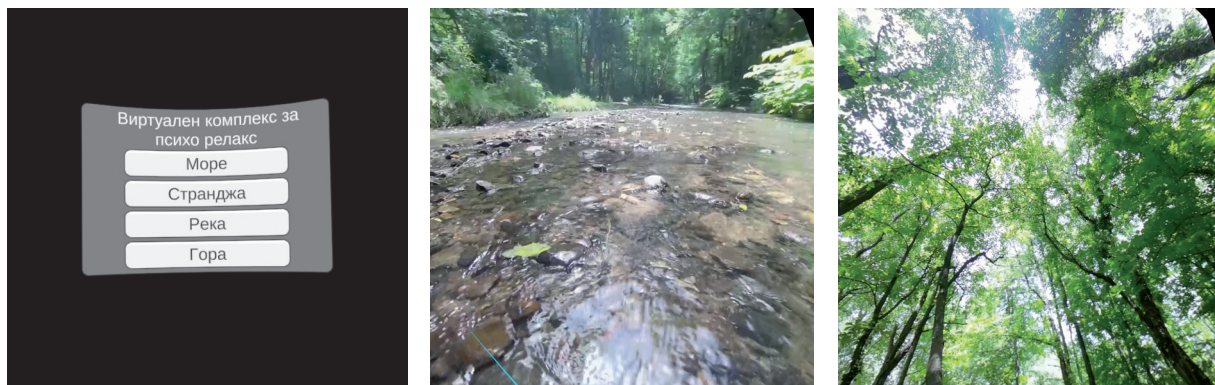
- Освен публични бази данни могат да се разработят интерфейси, позволяващи оторизиран достъп до частни колекции, например партньорски организации могат да споделят експонати от своите колекции с цел научна работа или организиране на съвместни виртуални изложби.

При разработката на този прототип умишлено не е ползвано съдействието на други специалисти освен VR/ИТ. Целта е да се определят максималните граници за постигане на използваем продукт, ползвайки отворени данни и 3D модели. Установени са рисковете и проблемите, произлизащи от липсата на интердисциплинарния подход и взаимодействие. Нарушени са обратните връзки за верификация и настройка.

### VR приложение за уелнес

Приложението има за цел да потопи потребителя в друга реалност, за да повлияе благоприятно на неговите/нейните усещания и да повиши усещането за спокойствие и релаксация по време на уелнес процедури. Този прототип е създаден при непрекъсната съвместна координация между VR/ИТ екипа и специалист в предметната област.

За конструиране на виртуалната сцена е избрано ползването на 360-градусови видеа, тъй като поради спецификата на уелнес процедурите движенията на потребителите са ограничени, оттам и взаимодействието с виртуалната среда е сведено до разглеждане от различен ъгъл чрез въртене на главата. Заснети са и са подбрани визуално подходящи видеа по препоръки на специалист, подложени са на необходимата обработка и са внедрени. Крайният резултат може да бъде видян на **Фиг. 6**.



**Фигура 6.** Екранни снимка от VR приложение за уелнес: а) меню за избор на среда, б) кадър от 360-градусово видео с вода, течаща срещу потребителя, в) кадър от 360-градусово видео със слънчева светлина, пробиваща през листата на дърветата (Elephant Eyes)

## 5. ИДЕНТИФИЦИРАНИ ПРОБЛЕМИ И РИСКОВЕ

Рисковете, които могат да възникнат при разработката на VR приложения за КИИ, могат да се класифицират в зависимост от етапа на тяхното възникване. Ще ги разделим на три категории: при подготовката, при разработката и при разпространението. По-долу ще разгледаме какво включва всеки от тях и какви мерки могат да се вземат за предотвратяването им или справянето с последствията от тях.

В етапа на подготовка проблемите най-често са свързани с неточни и неясни първоначални изисквания, които впоследствие налагат извършването на повече итерации при разработката. В този случай е добре да се отдели повече време на етапа на изготвяне на заданията, така че в тях да се изчистят всички спорни моменти. Възможно е изготвянето на „кухи“ прототипи, които да се предоставят на тестващи потребители и да се събере обратна информация в ранен етап. Други проблеми в подготвителния етап са свързани с непълната или липсваща информация, която ще се използва в приложението. Често има непълна или липсваща информация, няма изградена семантика. Визуалните материали, които са ключова част от приложението, също могат все още да не са създадени или да са в лошо качество, неподходящ формат. Всички тези проблеми изискват допълнителна обработка и работа от страна на експерти за погълване на липсите и корекция.

В следващия етап на разработка най-вероятните проблеми са свързани с набирането на тясно специализирани професионалисти за екипа – VR програмисти, дизайнери, 3D аниматори. Препоръчва се екипът да е сформирани предварително и да е запознат с целите и задачите. Да е направен план за работа, разписващ задачите във времето.

При последния етап на разпространение, основните рискове са свързани със специализираните устройства за VR, които ще се използват. При тях съществува риск от дефектиране, счупване, износване и други технически проблеми. За целта е добре да бъдат предвидени резервни устройства. От софтуерна гледна точка трябва да се следят и обновяват използваните библиотеки и инструменти, за да не се допус-

ка оперативна несъвместимост или пропуски в сигурността. Не на последно място е и рискът от слабо разпространение на създаденото приложение. Неговата популярност може да бъде повишена с правилно подбрана рекламна стратегия.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устойчивостта на VR системата на първо място зависи от подхода за нейното създаване, който би следвало да предвиди начини за управление на добавянето на нови данни (и нови видове данни) и адаптиране към новите изисквания (изход), използвайки най-новите технологии. Важното са не внедрените технологии, а управлението на интеграцията на тези еволюции в модулна „система“.

Тя включва идеи за това как да се проектира и реализира потребителски ориентирано VR приложение и дава два примера за нейното приложение. Целта ни е да се канализира редът за създаване на подробни концептуални метамоделни, предоставящи ясни насоки при създаването на ориентирани към потребителя VR приложения. В методологията показваме, че освен обратната връзка от потребителя, тясната интердисциплинарна колаборация между различните специалисти е от ключово значение за успеха на дизайна и реализацията на приложението.

Взаимодействието влияе върху цялостния опит на потребителите, но все пак основният аспект, който трябва да се вземе предвид, е усещането за потапяне и присъствие във виртуалния свят. Това може да бъде постигнато чрез използването на все повече VR технологии, които позволяват дълбоко включване на потребителя на емоционална основа, заедно с високо ниво на внимание към това, което той/тя прави в 3D средата. Детайлите и логическите разказни единици се откриват и запомнят благодарение на реализма, отнасящ се до общата конструкция на сцените, атмосферата и възприемането на движенията.

Все още трябва да бъдат разглеждани и проучени някои технически ограничения като морската болест и дискомфортът, усещан от някои хора при ползването на VR системата, както и достъпността на музеи, галерии и гидове до подобни платформи.

## БИБЛИОГРАФИЯ

Bozzelli, Raia, Ricciardi et al. 2019: Bozzelli, G., Raia, A., Ricciardi, S., De Nino, M., Barile, N., Perrella, M., Tramontano, M., Pagano, A., Palombini, A. An Integrated VR/AR Framework for User-centric Interactive Experience of Cultural Heritage: The ArkaeVision Project. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. 2019 Dec. 1;15:e00124.

Fassi et al. 2016: Fassi, F. et al. VR for Cultural Heritage. In: International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics. Springer, Cham, 2016.

Georgiev 2020: Georgiev, Emil. Влязоха ли българските музеи в крак с времето [Vliazoha li bulgarskite muzei v krak s vremeto], Sega, 11 Dec. 2020, <https://www.segabg.com/category-observer/vlyazoha-li-bulgarskite-muzei-krak-vremeto>

Ings 2021: Ings, Simon. How the Pandemic is Revolutionising Art Galleries and Museums, NewScientist, 3 February 2021, <https://www.newscientist.com/article/mg24933202-100-how-the-pandemic-is-revolutionising-art-galleries-and-museums/>

ISO 9241-210:2019: ISO 9241-210:2019 Ergonomics of Human-system Interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems, Publication date: 2019-07, <https://www.iso.org/standard/77520.html>

Machidon, Duguleana, Carrozzino et al. 2018: Machidon, Octavian, Mihai Duguleana and Marcello Carrozzino, Virtual Humans in Cultural Heritage ICT Applications: A Review, Journal of Cultural Heritage, Volume 33, 249-260.

Poux, Valembos, Mattes et al. 2020: Poux, F., Valembos, Q., Mattes, C., Kobbelt, L., Billen, R. Initial User-Centered Design of a Virtual Reality Heritage System: Applications for Digital Tourism. Remote Sensing, 12(16):2583. <https://doi.org/10.3390/rs12162583>

Southall, Marmion, Davies 2019: Southall, Helen, Maeve Marmion and Andrew Davies. Adapting Jake Knapp's Design Sprint Approach for AR/VR Applications in Digital Heritage. Augmented reality and virtual reality. Springer, Cham, 59-70.

## ИНТЕРНЕТ ИЗТОЧНИЦИ И ВРЪЗКИ

Bulgarian Archaeological Institute with Museum: 3D виртуална разходка на НАИМ при БАН [3D virtualna razhodka na NAIM pri BAN], <http://naim.bg/bg/tour/>

Google Street View: Google, What is Street View? <https://www.google.com/streetview/>, <https://artsandculture.google.com/search/streetview?project=natural-history>

Louvre: TheLouvre, Virtual Tour, PLATFORM: YouVisit, Accessible on Web VR/iOS/Android, <http://www.youvisit.com/tour/louvre-museum>

MatterPort: MatterPort, Official Website, How MatterPort Works, <https://matterport.com/how-it-works>

Military Museum: Виртуален музей на Национален военноисторически музей [Virtualen Muzei na Natsionalen Voennistoricheski Muzei], <https://militarymuseum.bg/virtualen-muzei/>

National Library: Националната библиотека „Св.св. Кирил и Методий“, Портал „Виртуална галерия“ [Natsionalna biblioteka Sv. sv. Kiril i Metodij – portal Virtualna galeria], [http://nationallibrary.bg/wp/?page\\_id=10067](http://nationallibrary.bg/wp/?page_id=10067), <https://tourmake.it/bg/tour/5ffa27a34717b6a4897d31818b1e84b4>

National Museum of Computing: UK's National Museum of Computing, PLATFORM: Matterport (any device) <https://my.matterport.com/show/?m=Vz8kCqGRjQA>

National Museum of Natural History: National Museum of Natural History, Bulgarian Academy of Sciences Национален природонаучен музей към Българска академия на науките, Виртуална разходка <https://my.matterport.com/show/?m=igvaES2BjBi&f=0>

OpenXR: Open XR official website, <https://www.khronos.org/openxr/>

Sofia Library: СЕРДИКА – Дигитална платформа на Столична библиотека [SERDICA – digitalna platforma na Stolichna biblioteka], <https://serdica.libsofia.bg/>

Tomb of Pharaoh Ramses VI: The Tomb of Pharaoh Ramses VI, Egyptian Tourism Authority and Cairo-based studio VRTEEK, <https://my.matterport.com/show/?m=NeiMEZa9d93&mils=1>

TourMake: TourMake official website, Pricing and functionalities, <https://tourmake.net/en/prices>

YouVisit: YouVisit official website, Help Home Guides Platform, Supported Content, Last Updated: August 15, 2019 <https://youvisit.drift.help/article/supported-content/>

---

## A Methodology for Design and Implementation of VR Applications in the Cultural Heritage Field

Dimo Chotrov, Antoniya Tasheva, Ivan Momchev

Modern society now accepts as an integral part of their daily lives the Internet connection and the use of various technological devices, from the computer at work, through the phone in our pocket, to the so-called smart devices in our smart home. Virtual reality (VR) technologies have developed rapidly in recent years and are increasingly adopted in many areas. Such areas are the automotive industry (design and simulations), healthcare (training, virtual operations), real estate (interior design and furnishing) and architecture, education and interactive games. Areas that allow interdisciplinary work between VR specialists and teams working in the field of cultural and historical heritage (CH) are tourism in general and the provision of a different way of human interaction with CH sites.

The resilience of a VR system depends primarily on the approach to its creation, which should provide ways to manage the addition of new data (and new types of data) and adaptation to new requirements (output) using the latest technologies. What is important is not the implemented technologies, but the management of the integration of these evolutions into a modular “system”. Thus, we propose a methodology for their creation in order to clarify the steps that the collaborative specialist should follow, the risks that may appear and some suggestions how to minimize their impact.

---

