

УДК 528.9:004.9

DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-99-107

ИСТОРИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В КАРТОГРАФИИ

Каршия Сериковна Батырова

ООО «Центр мониторинга транспорта», 630559, Россия, Новосибирская область, р. п. Кольцово, ул. Технопарковая, 1, специалист технической поддержки, тел. (999)465-74-09, e-mail: karshiya2011@mail.ru

Ярослава Георгиевна Пошивайло

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, зав. кафедрой картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

Статья посвящена вопросам применения технологии дополненной реальности (Augment Reality, AR) в картографии. Проведен обзор основных этапов становления указанной технологии и значимых достижений в различных сферах деятельности человека. Сделан обзор производителей устройств и технологий, занимающих лидирующие позиции на рынке дополненной реальности. Выделены два основных направления применения AR в картографии: расширение содержания аналоговых карт и усовершенствование навигационных приложений. Дан сравнительный анализ навигационных картографических приложений с дополненной реальностью с точки зрения их функционала. Приведена схема использования AR-технологии в картографии, в которой рассмотрены маркерные, безмаркерные и пространственные варианты технологии дополненной реальности. Сделан вывод о необходимости более широкого внедрения технологий дополненной реальности в тематическую картографию.

Ключевые слова: картография, дополненная реальность, навигация, виртуальные отметки, тематические карты, маркерная и безмаркерная технологии, аналоговые карты

Введение

С каждым годом общество развивается все более динамично, при этом закономерно возрастает информационная нагрузка на человека. Для облегчения восприятия увеличивающихся потоков информации разрабатываются новые цифровые технологии, одной из которых является технология дополненной реальности.

Технология дополненной реальности помогает сформировать наглядное представление о явлениях и процессах окружающего мира, мысленно воссоздать особенности размещения, взаимного расположения объектов и установить взаимосвязи между различными формами их представления.

В период пандемии началось активное развитие целого ряда областей информационных технологий, в частности, дополненной реальности, которая стала применяться при организации дистанционной работы, удаленном обучении и оказании помощи сотрудникам в работе.

Применяя технологию дополненной реальности в образовании, можно обеспечить визуальные эффекты, практически невозможные для привычных способов визуализации, что, в свою очередь, делает обучение более эффективным. Эта технология позволяет добавить выразительную анимацию на страницы книг, дополняя видео- и аудиоинформацию книжного носителя.

Одной из перспективных областей применения дополненной реальности является картография. Карта как инструмент отображения и анализа геопространства с внедрением элементов дополненной реальности приобретает новые свойства и функции, которые будут рассмотрены в статье.

Определение дополненной реальности и история ее появления

Дополненная реальность – это технология, совмещающая слой виртуальной реальности с физическим окружением в реальном времени при помощи компьютера, при этом дополняю-

щая информация может быть представлена в виде текста, изображения, видео, звука, трехмерных объектов. Управление контентом происходит посредством сканирования специальных меток дополненной реальности, нанесенных на какую-либо поверхность.

Стоит различать дополненную реальность (Augment Reality), виртуальную реальность (Virtual Reality) и смешанную реальность (Mixed Reality). Виртуальная реальность создает свой мир с погружением пользователя в него, а дополненная реальность добавляет виртуальные составляющие в реальный мир. Становление дополненной реальности неразрывно связано с разработками и изучением виртуальной реальности.

Дополненная реальность является одной из составляющих частей смешанной реальности, объекты реального мира интегрируются в виртуальную среду. Здесь совмещаются виртуальные сцены и объекты. Пространство может быть как виртуальным, так и реальным.

История AR-технологии началась в 50-х гг. XX в., когда Мортон Хейлинг запатентовал симулятор Sensorama, названный им самим театром погружения. Изобретатель также сконструировал специальную 3D-камеру, чтобы осуществлять съемку фильмов для Sensorama [1].

Первым устройством дополненной реальности считается разработанная в 1968 г. профессором Гарварда Айваном Сазерлендом система на основе головного дисплея (названный «Дамоклов Меч»). Устройство крепилось к потолку из-за тяжелого веса очков со стереоэффектом, на которые транслировалось изображение с компьютера. Перспектива наблюдения за объектами менялась в зависимости от движения головы пользователя.

В 1974 г. Майрон Крюгер создал лабораторию искусственной реальности Videoplace. Ее основной идеей было избавление пользователей от специальных шлемов, очков и других приспособлений, позволяющих взаимодействовать с виртуальной реальностью. В 1978 г. Стив Манн изобрел первое носимое AR-приспособление – EyeTap [1].

Первым термин «дополненная реальность» сформулировал ученый Том Коделл, который разработал специальные шлемы для инженеров завода «Боинг».

Технология описания реальных и виртуальных объектов с помощью маркеров была внедрена в 1966 г. Джуном Рекимото и Юджи Аятцука, что позволило добавить виртуальные вещи в реальный мир, просто перенося метки.

Затем Хироказу Като разработал открытую библиотеку данных для написания приложений ARToolKit, в которой применялась система распознавания положения и ориентации камеры в режиме реального времени. Это позволило точнее разместить слой компьютерной графики на маркеры окружающего мира. Выпуск этой библиотеки положил начало современному этапу активного развития дополненной реальности.

Отправной точкой развития массового сегмента технологии дополненной реальности можно считать презентацию компанией Google продукта «умные очки» в 2012 г. Потребительская версия данного продукта потерпела неудачу и компания переключила свои усилия на производственную версию Glass Enterprise Edition [1].

В свою очередь, весьма перспективным и выгодным примером являются очки смешанной реальности HoloLens, разработчиком которых является компания Microsoft. HoloLens не требуют подключения к какому-либо устройству, полностью автономны. Изначально устройство предназначалось для игр, но сейчас целевой аудиторией является бизнес [2].

Следующим этапом развития технологии, судя по публикациям, станут контактные линзы с дополненной реальностью.

Таким образом, в доступе будут три варианта: шлем (ориентирован на работу со смешанной реальностью), очки и линзы (для дополненной реальности) [3].

Период пандемии оказал положительное влияние на развитие некоторых направлений ИТ, например, стимулировал активное развитие дополненной реальности как средства, применяемого при организации дистанционной работы, при удаленном обучении рабочим процессам и оказании помощи в работе сотрудников. Таким образом, рыночный потенциал технологии дополненной реальности весьма значителен. По данным экспертов ABI Research, к 2025 г. совокупный объем рынка дополнен-

ной реальности превысит \$140 млрд. Такие выводы они сделали на основе анализа рынка дополненной и смешанной реальности. Лидерами рынка на сегодняшний день являются: Apple, Google, Facebook, PTC, Atheer, Microsoft, Lenovo, Teamviewer. Технологические гиганты, вовлеченные в AR, намерены усовершенствовать аппаратное обеспечение указанной технологии в ближайшие 2–3 года, что в конечном итоге приведет к переориентированию рынка дополненной реальности от предприятия к потребителю. Рост числа и качества моделей AR-оборудования и контента в ближайшие пять лет будет поддерживать эту тенденцию [4, 5].

Использование дополненной реальности в картографии

Исходя из публикаций по тематике дополненной реальности, наиболее перспективными областями применения AR-технологий являются: розничная торговля и маркетинг, здравоохранение, образование, печатная отрасль, автомобилестроение, военная отрасль, туризм [6–14]. Однако стоит учитывать возможный рост спроса данной технологии в других производственных сферах.

В картографию технологии дополненной реальности начали внедряться не так давно, при этом сформировались два основных направления применения AR: расширение содержания аналоговых карт и усовершенствование навигационных приложений.

Наибольшее развитие AR-технологии получили в сфере навигационной картографии. Следует отметить, что при этом используется электронная карта, в которую интегрируется ряд виртуальных объектов (цифровое изображение дополняется виртуальными объектами). Ряд приложений для автонавигации успешно использует возможности дополненной реальности. Также весьма велик вклад многофункциональных (комбо) устройств, которые начали появляться на отечественном рынке несколько лет назад.

В качестве примера приведем использование компанией Яндекс технологии дополненной реальности в приложении Яндекс.Карты (рис. 1), что позволяет пользователям увидеть виртуальные метки, наложенные на панораму местности и обозначающие проложенный маршрут, и ознакомиться с дополнительной информацией [15].

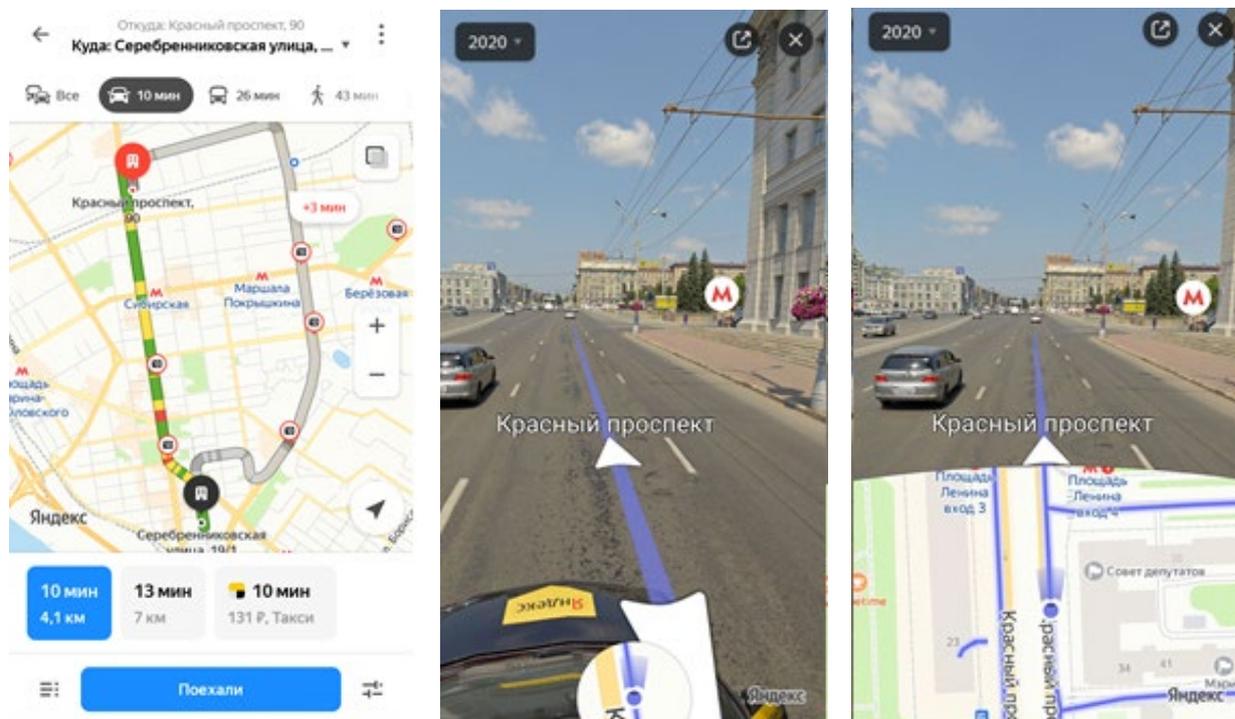


Рис. 1. Пример построения маршрута и его отображение в режиме дополненной реальности в приложении Яндекс.Карты

Приложение Gaode, разработчиком которой является китайская компания AutoNavi, успешно совмещает навигацию с дополненной реальностью. Ожидается спрос со стороны водителей, не имеющих возможность приобрести автомобили премиум-класса с продвинутыми навигационными системами и проекционными дисплеями. Интерфейс напоминает популярное во всем мире приложение Google Maps [16].

В транспортных средствах уже применяется дополненная реальность в навигационных системах путем наложения направляющих стрелочек на видеоряд пути движения. Существуют также разработки, позволяющие проецировать на лобовом стекле навигационные подсказки. Программа «Навител Навигатор» в одном из своих последних обновлений реализовала функцию HUD (Head-up Display), позволяющую всю необходимую информацию отображать на лобовом стекле автомобиля в прямую зону видимости водителя. Благодаря таким подсказкам пользователь, быстрее обрабатывая информацию, получает возможность сфокусировать внимание на вождении. Доступ к этой опции осуществляется после дополнительной оплаты [17].

Одним из AR-устройств является многофункциональное устройство NAVITEL RE900, использующее технологию дополнен-

ной реальности при выборе видеорежистратора в качестве основного режима работы устройства. Навигационные подсказки (местоположение, скорость движения, направление движения, расчетное время прибытия и др.) появляются на экране при запуске режима видеорежистратора. Стоит отметить, что устройство работает одновременно в двух режимах: видеорежистратор и навигатор [18].

Современный рынок устройств готов предложить большое количество моделей с HUD-функцией. В линейке подобных устройств выделяется легкое крепление HUDWAY Glass, использующееся для работы смартфона в качестве проекционного дисплея. Благодаря этому устройству водителю доступны подсказки без отвлечения от дороги. На сайте производителя доступен список приложений, с которыми устройство может взаимодействовать (HUDWAY GO, Navmii GPS и другие). С точки зрения функционала важно то, что HUDWAY Glass можно использовать в темное время суток [19].

Большинство навигационных приложений, поддерживающих технологии дополненной реальности, имеют схожие возможности; выявленные отличия проанализированного программно-аппаратного обеспечения представлены в таблице.

Использование технологий дополненной реальности в картографических сервисах

Критерий	Google карты	Яндекс.Карты	«Навител Навигатор»	AutoNavi
Отображение подсказок на лобовом стекле автомобиля	Отсутствует	Отсутствует	Функционал поддерживается. Обязательна оплата и получение ключа	Отсутствует
Подписи	Направление движения указывают динамические графические подсказки	Направление движения указывают динамические графические подсказки	Визуализируются: скорость движения, расстояние до следующего поворота, оставшееся время в пути, название улиц. Реализовано только в NAVITEL RE900	Визуализируются указания поворотов и дистанции, которые накладываются на дорогу
Курсор направления движения	Направление показывается с помощью стрелки	Курсор присутствует в нижней части экрана	При выборе режима видеорежистратора устройство с дополненной реальностью NAVITEL RE900 не отображает курсор	Курсор накладывается прямо на изображение дороги
Дорожные знаки, информация о последующем маневре	Выводит на экран информацию о ближайшем маневре	Выводит информацию о следующем маневре	Выводит на экран информацию о ближайшем маневре	Подсвечивает дорожные знаки в режиме реального времени
Безопасность при использовании	Экран периодически гаснет, что обезопасит движение пользователя	Информация отсутствует	Информация отсутствует	Функционал не реализован

Рассмотрим применение технологий дополненной реальности в целях расширения содержания аналоговой карты. В данном варианте применения AR «цифра накладывается на бумагу», то есть специальные метки наносятся на тиражный оттиск карты (так называемая маркерная технология), при этом возникают следующие дополнительные возможности, связанные со свойствами карты. Рассмотрим свойства карты, которые даны в Межгосударственном стандарте «Картография. Термины и определения» [20]: качество, наглядность, современность и нагрузка карты, а также суть дополнительных возможностей, которые дает внедрение AR.

Повышается *качество* карты как расширение свойств карты, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Например, учебные карты могут быть дополнены моделями объектов местности, которые позволят школьнику установить связь условного знака с реальным объектом. По карте можно производить измерения виртуальной линейкой, получать дополнительную информацию о картографируемых объектах в буквенно-цифровой, аудио-, видео- и других формах.

Повышается *наглядность* карты как возможность зрительного восприятия пространственных форм, размеров и размещения объектов картографирования. Здесь в первую очередь важна трехмерность. Обучающийся может легко изучать окружающий мир и взаимо-

действовать с ним через виртуальную карту, основанную на реальной системе координат.

Повышается *современность* карты как соответствие карты современному состоянию объектов картографирования. Бумажную карту можно «обновить» актуальной цифровой информацией.

Увеличивается *нагрузка* карты как заполненность карты условными знаками и надписями.

Информационное пространство сегодня чрезвычайно динамично и изменчиво. Бумажная картографическая продукция быстро устареваает. Также многие пользователи испытывают трудности с ориентированием на местности с помощью традиционных аналоговых карт [21, 22]. Одним из возможных решений данной проблемы является нанесение на карту в процессе ее составления и печати маркера (маркеры) дополненной реальности, наводясь на который камерой мобильного устройства, пользователь будет получать полную и актуальную информацию по тематике карты, которая может постоянно обновляться [23–26].

Наглядно представить применение дополненной реальности в картографии можно, обратившись к схеме на рис. 2, в которой приводятся сущность и основные направления применения AR-технологий с подразделением по способу определения объекта (точки) привязки. Среди перечисленных технологий наиболее стабильной является маркерная технология.



Рис. 2. Применение AR в картографии

Поскольку на данный момент технология дополненной реальности для большинства устройств не обеспечивает точностные параметры, требуемые при топографическом картографировании, следует говорить о ее применении в тематической картографии, в том числе для обеспечения потребностей в геопространственной информации широкого круга населения.

Заключение

Цифровизация в экономике, образовании, производстве, медицине и других сферах требует постоянного совершенствования технологического и научно-методического обеспечения.

На наш взгляд, наиболее перспективным является использование AR в тематической картографии для обновления картографического обеспечения программы средней школы. Вторым важным направлением является туристская картография.

Решение данных задач требует более глубокого анализа и систематизации имеющихся технических средств и технологий и разработки адаптированных методик, которые в дальнейшем могли бы позволить широкому кругу картографов, в сотрудничестве с представителями образования и туризма готовить современную картографическую продукцию на базе современных информационных и геопространственных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AR – Дополненная реальность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ai-news.ru/2020/12/ar_dopolnennaya_realnost.html.
2. Microsoft HoloLens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_HoloLens.
3. Apple планирует выпустить контактные линзы с дополненной реальностью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ai-news.ru/2021/03/apple_planiruet_vypustit_kontaktnye_linzy_s_dopolnennoj_realnostu_n.html.
4. ABI Research: рынок дополненной реальности переключится с предприятий на потребителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/244276194>.
5. Lobo M. J., Christophe, S. Opportunities and challenges for augmented reality situated geographical visualization [Electronic resource] // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2020. – Vol. 4. – P. 163–170. – Mode of access: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-4-2020-163-2020>.
6. Разработка ученых ВШТМ позволила провести первую в России операцию с использованием технологии дополненной реальности года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hstm.spbstu.ru/news/razrabotka_uchenyh_vshtm_pozvolila_provesti_pervuu_v_rossii_operaciu_s_ispolzovaniem_tehnologiy_dopolnennoy_realnosti/.
7. Черкасов К. В., Чистякова Н. С., Чернов В. В. Применение дополненной реальности в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-dopolnennoy-realnosti-v-obrazovanii>.
8. Гаврилова И. В. Организация защиты персональных данных в образовательных учреждениях // Новые информационные технологии в образовании : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально педагогический университет, 2014. – С. 509.
9. Work with augmented reality (AR) and the web [Electronic resource] // Transformation through education 2012. – Mode of access : <https://www.edx.org/course/work-with-augmented-reality-ar-and-the-web?index=product&queryID=7b9d2b0891445b96b1cab13ed1a4a7d0&position=1>.
10. Chou Y. Y., Wu P. F., Huang C. Y., Chang S. H., Huang H. S., Lin W. M., Lin M. L., See. Effect of Digital Learning Using Augmented Reality with Multidimensional Concept Map in Elementary Science Course // Asia-Pacific Education Researcher, 2021. doi: 10.1007/s40299-021-00580-y.
11. Chen C. H., Huang C. Y., Chou Y. Y. Effects of augmented reality-based multidimensional concept maps on students' learning achievement, motivation and acceptance // Universal Access in the Information Society. – 2019. – Vol. 18 (2). – P. 257–268.

12. Ramos F., Trilles S., Torres-Sospedra J., Perales F. J. New Trends in Using Augmented Reality Apps for Smart City Contexts [Electronic resource] // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2018. – Vol. 7. – P. 478. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/ijgi7120478/>.
13. Loureiro S. M. C., Guerreiro J., Ali F. 20 years of research on virtual reality and augmented reality in tourism context: A text-mining approach [Electronic resource] // Tourism Management. – 2020. – Vol. 77. – P. 104028. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104028>.
14. Yovcheva Z., Buhalis D., Gatzidis C. Engineering Augmented Tourism Experiences // Information and Communication Technologies in Tourism 2013 / Cantoni L., Xiang Z. (Phil) (Eds.). – Springer Berlin Heidelberg, 2013. – P. 24–35.
15. Как работает дополненная реальность в яндекс картах. Яндекс.Карты – режим дополненной реальности (AR) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://crmnet surfing.ru/kak-rabotaet-dopolnennaya-realnost-v-yandeks-kartah-yandeks.html>.
16. NAVITEL RE900! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://navitel.ru/ru/devices/combo/navitel-re900>.
17. Автомобильная навигация с дополненной реальностью теперь есть и в телефонах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matador.tech/news/avtomobilnaa-navigacia-s-dopolnennoj-realnostu-terer-est-i-v-telefonah>.
18. Навител Навигатор 11 теперь и на Android! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://navitel.ru/ru/about/news/2021/02/nn11-android-release>
19. HUDWAY Glass. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hudway.co/glass>.
20. ГОСТ 21667–76. Картография. Термины и определения: Межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 31.03.76 N 730: дата введения 1977-07-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200006865>.
21. Koletsis E., van Elzaker C. P., Kraak M. J., Cartwright W., Arrowsmith C. Field K. An investigation into challenges experienced when route planning, navigating and wayfinding // International Journal of Cartography. – 2017. – Vol. 3(1). – P. 1–15. doi: 10.1080/23729333.2017.1300996.
22. Anbaroğlu B., Coşkun İ. B., Gürler H. H. Which way is ‘yildiz amfi’? Augmented reality vs. paper map on pedestrian wayfinding [Electronic resource] // 5th International Conference on Smart City Applications «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences» (7–8 October 2020). – Turkey, 2020. Vol. XLIV-4/W3-2020. – P. 53–60. – Mode of access: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W3-2020-53-2020>.
23. Дополненная реальность и 3D-карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wrl3d.com/3d-maps/augmented-reality-3d-maps>.
24. MRPIAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?hl=ru&id=com.mmlab.MRPIARBuklet>.
25. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–15.
26. de Almeida Pereira G. H., Stock K., Stamato Delazari L., Centeno J. A. S. Augmented Reality and Maps: New Possibilities for Engaging with Geographic Data // The Cartographic Journal. – 2017. – Vol. 54 (4). – P. 313–321. doi: 10.1080/00087041.2017.1411417.

Получено 02.07.2021

© К. С. Батырова, Я. Г. Пошивайло, 2021

HISTORY OF AUGMENTED REALITY AND FURTHER TRENDS OF ITS USE IN CARTOGRAPHY

Karshiya S. Batyrova

Transport Monitoring Center LLC, 1, Technoparkovaya St., Settlement Koltsovo, Novosibirsk Region, 630559, Russia, Technical Support Specialist, phone: (999)465-74-09, e-mail: karshiya2011@mail.ru

Yaroslava G. Poshivaylo

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Head of the Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)343-25-21, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

The article is devoted to the application of augmented reality (Augment Reality, AR) technologies in cartography. A review of the main stages of the formation of technologies and significant achievements in various spheres of human activity is carried out. An overview of the manufacturers of devices and technologies holding leading positions in the augmented reality market is made. Two main directions of AR application in cartography are highlighted: expansion of analog maps and improvement of navigation applications. A comparative analysis of navigation cartographic applications with augmented reality from the point of view of their functionality is given. A scheme of the use of AR technology in cartography is given, in which marker-based, markerless and spatial variants of augmented reality technology are considered. The conclusion about the need for wider introduction of augmented reality technologies into thematic cartography is made.

Keywords: cartography, augmented reality, navigation, virtual markers, thematic maps, marker-based and markerless technology, analog maps

REFERENCES

1. AR-Augmented reality. (n. d.). Retrieved from https://ai-news.ru/2020/12/ar_dopolnennaya_realnost.html [in Russian].
2. Microsoft HoloLens. (n.d.). Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_HoloLens [in Russian].
3. Apple plans to release contact lenses with augmented reality, but they will not be released until 2030. (n. d.). Retrieved from https://ai-news.ru/2021/03/apple_planiruet_vypustit_kontaktnye_linzy_s_dopolnennoj_realnostu_n.html [in Russian].
4. ABI Research: the augmented reality market will switch from enterprises to consumers. (n. d.). Retrieved from <https://news.myseldon.com/ru/news/index/244276194> [in Russian].
5. Lobo, M. J., & Christophe, S. (2020). Opportunities and challenges for augmented reality situated geographical visualization. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 163–170. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-4-2020-163-2020>.
6. The development of scientists of the High School of Technology has made it possible to carry out the first operation in Russia using the technology of augmented reality of the year. (n. d.). Retrieved from https://hstm.spbstu.ru/news/razrabotka_uchenyh_vshtm_pozvolila_provesti_pervuu_v_rossii_operaciu_s_ispolzovaniem_tehnologiy_dopolnennoj_realnosti/ [in Russian].
7. Cherkasov, K. V., Chistyakova, N. S., & Chernov, V. V. (2017). Application of augmented reality in education. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-dopolnennoj-realnosti-v-obrazovanii> [in Russian].
8. Gavrilova, I. V. (2014). Organization of personal data protection in educational institutions. In *Sbornik materialov VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Novye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii [Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference: New Information Technologies in Education]* (P. 509). Ekaterinburg: Russian State Professional Pedagogical University Publ. [in Russian].
9. Work with augmented reality (AR) and the web. (2012). *Transformation through education*. Retrieved from <https://www.edx.org/course/work-with-augmented-reality-ar-and-the-web?index=product&queryID=7b9d2b0891445b96b1cab13ed1a4a7d0&position=1>.
10. Chou, Y. Y., Wu, P. F., Huang, C. Y., Chang, S. H., Huang, H. S., Lin, W. M., & Lin, M. L. (2021). Effect of Digital Learning Using Augmented Reality with Multidimensional Concept Map in Elementary Science Course. *Asia-Pacific Education Researcher*. doi: 10.1007/s40299-021-00580-y.
11. Chen, C. H., Huang, C. Y., & Chou, Y. Y. (2019). Effects of augmented reality-based multidimensional concept maps on students' learning achievement, motivation and acceptance. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 257–268.
12. Ramos, F., Trilles, S., Torres-Sospedra, J., & Perales, F. J. (2018). New Trends in Using Augmented Reality Apps for Smart City Contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7, P. 478. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijgi7120478/>.
13. Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., & Ali, F. (2020). 20 years of research on virtual reality and augmented reality in tourism context: A text-mining approach. *Tourism Management*, 77, P. 104028. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104028>.

14. Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2013). Engineering Augmented Tourism Experiments. In *Information and Communication Technologies in Tourism* (pp. 24–35). L. Cantoni & Z. Xiang (Phil) (Eds.). Springer Berlin Heidelberg.
15. How does augmented reality work in Yandex maps. Yandex.Maps - augmented reality (AR) mode. (n. d.). Retrieved from <https://crmneturfing.ru/kak-rabotaet-dopolnennaya-realnost-v-yandeks-kartah-yandeks.html> [in Russian].
16. NAVITEL RE900! (n. d.). Retrieved from <https://navitel.ru/ru/devices/combo/navitel-re900> [in Russian].
17. Car navigation with augmented reality is now available in telephones. (n. d.). Retrieved from <https://matador.tech/news/avtomobilnaa-navigacia-s-dopolnennoj-realnostu-teper-est-i-v-telefonah> [in Russian].
18. Navitel Navigator 11 is now on Android! (n. d.). Retrieved from <https://navitel.ru/ru/about/news/2021/02/nn11-android-release> [in Russian].
19. HUDWAY Glass. (n. d.). Retrieved from <https://hudway.co/glass> [in Russian].
20. GOST 21667-76 Cartography. Terms and definitions: Interstate standard: official edition: approved and put into effect by the Resolution of the State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR of March 31, 1976 No. 730. Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200006865> [in Russian].
21. Koletsis, E., van Elzaker, C. P., Kraak, M. J., Cartwright, W., Arrowsmith, C. & Field, K. (2017). An investigation into challenges experienced when route planning, navigating and wayfinding. *International Journal of Cartography*, 3(1), 1–15. doi: 10.1080/23729333.2017.1300996.
22. Anbaroğlu, B., Coşkun, İ. B., & Gürler, H. H. (2020): Which way is 'yıldız amfi'? Augmented reality vs. paper map on pedestrian wayfinding. In *5th International Conference on Smart City Applications: Vol. XLIV-4/W3-2020. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (pp. 53–60). Turkey. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W3-2020-53-2020>.
23. Augmented reality and 3D maps. (n. d.). Retrieved from <https://www.wrl3d.com/3d-maps/augmented-reality-3d-maps> [in Russian].
24. MRIAR . (n. d.). Retrieved from <https://play.google.com/store/apps/details?hl=ru&id=com.mmlab.MRIARBuklet> [in Russian].
25. Lisitsky, D. V. (2013). Prospects for the development of cartography: from the "Digital Earth" system to the system of virtual georeality. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(22), 8–15 [in Russian].
26. de Almeida Pereira, G. H., Stock, K., Stamato Delazari, L., & Centeno, J. A. S. (2017). Augmented Reality and Maps: New Possibilities for Engaging with Geographic Data. *Cartographic Journal*, 54(4), 313–321. doi: 10.1080 / 00087041.2017.1411417.

Received 02.07.2021

© K. S. Batyrova, Ya. G. Poshivaylo, 2021