

УДК 004.42

**РЕАЛИЗАЦИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ  
В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ НА ОСНОВЕ GPS-КООРДИНАТ**

*И.В. Хмелева, Г.Т. Зайнулина*

Описана реализация дополненной реальности в мобильном приложении для получения информации о культурно-развлекательных объектах города на основе GPS-координат мобильного устройства.

*Ключевые слова:* дополненная реальность; безмаркерная технология; GPS-координаты; системы координат.

---

**REALIZATION OF ADDITIONAL REALITY IN MOBILE  
APPLICATION BASED ON GPS-COORDINATES**

*I. V. Khmeleva, G. T. Zaynulina*

The work describes the realization of the augmented reality in the mobile application for obtaining information about the cultural sites of the city based on the GPS coordinates of the mobile device.

*Keywords:* augmented reality; non-marking technology; GPS-coordinates; coordinate systems.

Дополненная реальность (англ. – *augmented reality*, AR) – это технология наложения информации в форме текста, графики, аудио- и других виртуальных объектов на реальные объекты в режиме реального времени [1]. Приложения с дополненной реальностью – это программные продукты, в которых физический мир дополнен цифровыми данными в реальном времени при помощи мобильных компьютерных устройств, а также программного инструментария для работы с ним. Само изобретение дополненной реальности произошло на 1960-е гг., однако переход к относительно массовому их распространению приходится на вторую половину 1990 гг., когда ученые из разных стран попытались дать определение этому физическому явлению.

Развитие технологии дополненной реальности продолжает набирать обороты. По оценкам экспертов и аналитиков дополненная реальность станет неотъемлемой частью нашей жизни, как когда-то социальные сети. Толчок к выводу технологии на рынок стала игра “Pokemon Go”, которая имела оглушительный успех в 2015–2016 гг. Первый шаг к выводу технологии сделал Microsoft, но в рамках очков HoloLens. После этого Apple (представил рынку ARKit) и Google (разработал – ARCore).

Сейчас AR-технологии находятся на стадии экспериментов, но широкое распространение среди обычных пользователей могут получить лишь отдельные приложения, в частности, навигационные. Хотя уже имеется ряд полезных разработок для строительного мира, рекламы, торговли, музеев.

Можно выделить два главных принципа построения дополненной реальности:

- на основе маркера;
- на основе координат местоположения пользователя.

Под маркером понимается объект, расположенный в окружающем пространстве, который находится и анализируется специальным программным обеспечением для последующей отрисовки виртуальных объектов. На основе информации о положении маркера в пространстве, программа может достаточно точно спроецировать на него виртуальный объект, от чего будет достигнут эффект его физического присутствия в окружающем пространстве.

Безмаркерные технологии зачастую применяются в мобильных устройствах, и строятся посредством специальных датчиков: акселерометр, гироскоп, магнетометр, GPS-приемник.

В статье предложен вариант реализации мобильного приложения-навигатора на основе определения координат местоположения пользователя.

В необходимый для создания устройства дополненной реальности набор комплектующих входят: процессор, дисплей, камера и электроника, определяющая положение, GPS и компас. Таким образом, практически идеальным гаджетом для массового распространения AR-технологий стал современный сенсорный смартфон. Мобильные устройства играют роль увеличительного стекла, глядя через которое на мир, мы получаем новые слои информации, данных и визуальных образов. Дополнительные информационные ресурсы можно привязать к своему местоположению, но еще лучше связать их с конкретными объектами, находящимися вокруг. В представленном приложении реализована возможность получения информации об объектах, находящихся в непосредственной близости от пользователя, причем, объекты отсортированы по категориям: кинотеатры, торговые комплексы, клубы, кафе и рестораны, музеи.

На рисунке 1 приведена диаграмма вариантов использования приложения.

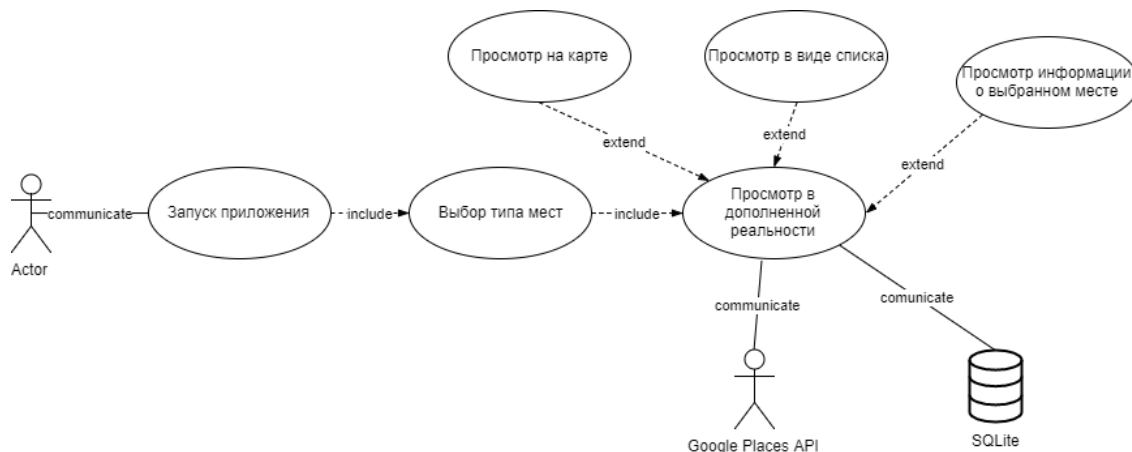


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования мобильного приложения

Пользователь может выполнять следующие действия:

1. Выбор категории мест.
2. Просмотр расстояния до этого места.
3. Просмотр детальной информации по выбранному месту.
4. Смена режимов просмотра (дополненная реальность, карта, список).
5. Добавить избранные места.

В качестве внешних ресурсов выступает набор данных, получаемых через Google Places API (Application Programming Interface).

Для получения пользователем информации offline, используется временная загрузка последней информации в базу данных SQLite.

В работе реализован алгоритм определения GPS-координат пользователя, наложение их на координатную сетку карты города, и поиск по полученным координатам ближайших объектов в выбранной категории.

Алгоритм определения местоположения пользователя состоит из трех этапов [2]:

1. Получение GPS-координат, эти данные получают с GPS-устройства мобильного аппарата.
2. Преобразование GPS-координат расположения мобильного телефона в геоцентрическую прямоугольную систему координат (ECEF – Earth Centered, Earth Fixed) на карте города. Преобразование привычных географических координат в прямоугольные, вызвано необходимостью переноса шарообразной поверхности планеты на плоскость карты, потому что удобнее искать положение точки в прямоугольных (прямолинейных) координатах. Этот вид исчисления называется проекцией Гаусса–Крюгера.

3. Преобразование ECEF-координат в геодезическую систему координат ENU (east, north, up), потому что человеку удобнее пользоваться двухмерными картами, несмотря на то, что окружающее человека пространство трехмерно.

Преобразование GPS-координат в координаты ECEF выполняется по следующим формулам:

$$x = \left(\frac{a}{x} + h\right) \cos \varphi \cos \lambda, y = \left(\frac{a}{x} + h\right) \cos \varphi \sin \lambda, z = \left(\frac{a(1-e^2)}{x} + h\right) \sin \varphi, \quad (1)$$

где  $X = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$ ;  $\varphi$  – широта;  $\lambda$  – долгота;  $h$  – высота;  $a$  – полуосновная ось.

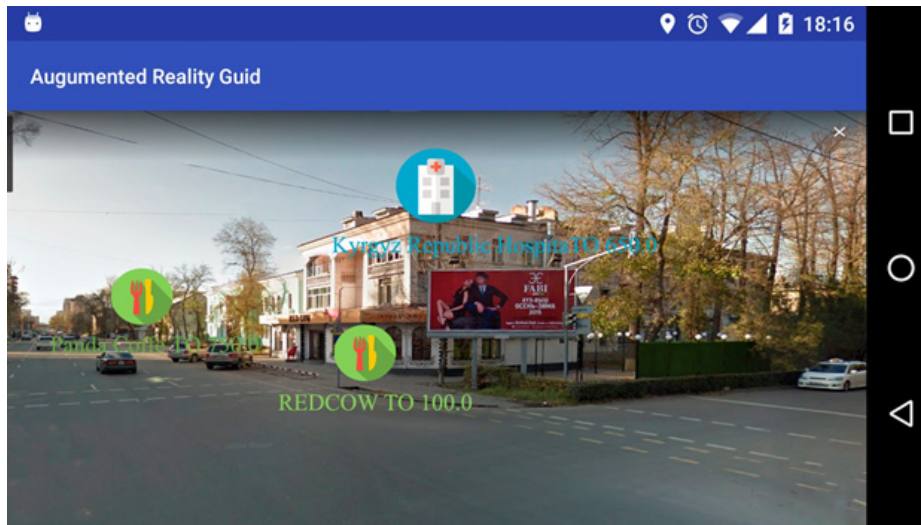


Рисунок 2 – Результат работы программ: вывод местоположения ближайших кафе

Для преобразования небольших изменений в долготе, широте и высоте в координаты ECEF необходимо применить разложение Тейлора [3] по формулам (2):

$$\begin{aligned}
 dx &= \left( \frac{-a \cos \lambda \sin \varphi (1 - e^2)}{x^3} - h \cos \lambda \sin \varphi \right) d\varphi - \left( \frac{a \sin \lambda \cos \varphi}{x} + h \sin \lambda \cos \varphi \right) d\lambda + \\
 &+ \cos \varphi \cos \lambda dh + \left( \frac{1}{4} a \cos \varphi \cos \lambda (-1 - 7e^2 + 9e^2 \cos^2 \varphi) - \frac{1}{2} h \cos \varphi \cos \lambda \right) d\varphi^2 + \\
 &+ \left( \frac{a \sin \lambda \sin \varphi (1 - e^2)}{x^3} + h \sin \lambda \sin \varphi \right) d\varphi d\lambda - \cos \lambda \sin \varphi dh d\varphi + \left( \frac{-a \cos \lambda \cos \varphi}{2x} - \frac{1}{2} h \cos \lambda \cos \varphi \right) d\lambda^2 - \\
 &- \sin \lambda \cos \varphi dh d\lambda + O(d\theta^3) + O(dhd\theta^2), \\
 dy &= \left( \frac{-a \sin \lambda \sin \varphi (1 - e^2)}{x^3} - h \sin \lambda \sin \varphi \right) d\varphi - \left( \frac{a \cos \lambda \cos \varphi}{x} + h \cos \lambda \cos \varphi \right) d\lambda + \\
 &+ \sin \varphi \cos \lambda dh + \left( \frac{1}{4} a \cos \varphi \cos \lambda (-2 - 7e^2 + 9e^2 \cos^2 \varphi) - \right. \\
 &- \left. \frac{1}{2} h \sin \lambda \cos \varphi \right) d\varphi^2 + \left( \frac{a \cos \lambda \sin \varphi (1 - e^2)}{x^3} + h \cos \lambda \sin \varphi \right) d\varphi d\lambda - \\
 &- \sin \lambda \sin \varphi dh d\varphi + \left( \frac{-a \sin \lambda \cos \varphi}{2x} - \frac{1}{2} h \sin \lambda \cos \varphi \right) d\lambda^2 - \\
 &- \cos \lambda \cos \varphi dh d\lambda + O(d\theta^3) + O(dhd\theta^2), \\
 dz &= \left( \frac{a(1 - e^2)}{x^3} \cos \varphi - h \cos \varphi \right) d\varphi + \sin \varphi dh + \cos \varphi dh d\varphi + \\
 &+ \left( \frac{1}{4} a \sin \varphi (-2 - e^2 + 9e^2 \cos^2 \varphi) - \frac{1}{2} h \sin \varphi \right) d\varphi^2 + O(dhd\varphi^2).
 \end{aligned} \tag{2}$$

После преобразования координат в ECEF, необходимо перевести их в ENU (east, north, up) координаты. Система координат карт – геодезическая. Две координаты задают положение на эллипсоиде, аппроксимирующем земную поверхность, и одна координата – отклонение по высоте от этого эллипсоида, ENU-координаты определяются по формуле:

$$\begin{pmatrix} de \\ dn \\ du \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \varphi \\ \cos \varphi \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda & \sin \varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} \tag{3}$$

Подставим уравнение (2) в уравнение (3), игнорируя  $O(d\theta^3)$  и  $O(dhd\theta^2)$ , в результате получим:

$$de = \left(\frac{a}{x} + h\right) \cos\varphi d\lambda - \left(\frac{a(1-e^2)}{x^3} + h\right) \sin\varphi d\varphi d\lambda + \cos\varphi d\lambda dh; \quad (4)$$

$$dn = \left(\frac{a(1-e^2)}{x^3} + h\right) d\varphi + \frac{3}{2}a \cos\varphi \sin\varphi e^2 d\varphi^2 + dh d\varphi + \frac{1}{2} \sin\varphi \cos\varphi \left(\frac{a}{x} + h\right) d\lambda^2;$$

$$du = dh = \frac{1}{2}a \left(1 - \frac{3}{2}e^2 \cos\varphi + \frac{1}{2}e^2 + \frac{h}{a}\right) d\varphi^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{a \cos^2\varphi}{x} - h \cos^2\varphi\right) d\lambda^2.$$

В результате получаем координаты востока, севера и верха. В последующем эти данные применяются для определения ближайших мест и отображения их в дополненную реальность.

Для получения эффекта дополненной реальности в работе было использовано изображение, поступающее с камеры устройства в реальном времени, и графические метки, накладываемые поверх изображения. Вычисление местоположения и актуальность меток и осуществляет алгоритм, рассмотренный выше.

На рисунке 2 приведен результат работы программы: отображение координат, ближайших к пользователю кафе и больницы.

#### **Литература**

1. Яковлев Б.С. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности / Б.С. Яковлев, С.И. Пустов // Изв. Тульского госуд. ун-та. Технические науки. 2013. № 3. С. 484.
2. Drake S.P. Converting GPS Coordinates to Navigation Coordinates (ENU) / S.P. Drake. 2002.
3. Научная библиотека. – Режим доступа: [http://stu.sernam.ru/book\\_msh.php?id=262](http://stu.sernam.ru/book_msh.php?id=262)