

УДК 004.5

## КОМПОНЕНТЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В НАТИВНЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Ринат Ханов<sup>1</sup>, Дмитрий Евдокименко<sup>2</sup>

*Высшая школа информационных технологий и интеллектуальных систем  
Казанского (Приволжского) федерального университета*

<sup>1</sup> rinat@khanov.com, <sup>2</sup> evdodima@gmail.com

### **Аннотация**

Дан анализ особенностей проектирования пользовательских интерфейсов нативных мобильных приложений с дополненной реальностью. В частности, сформулированы принципы проектирования интерфейсов для AR-приложений, предложены способы соблюдения описанных принципов для достижения позитивного опыта взаимодействия пользователей.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, AR, ARKit, iOS, UX, пользовательский интерфейс

### **ВВЕДЕНИЕ**

Согласно исследованию аналитиков eMarketer [1], в 2019 году только 20% населения США регулярно (как минимум, один раз в месяц) использовали продукты с дополненной реальностью. Данное значение можно назвать довольно низким показателем, учитывая суммарное количество ресурсов, потраченное на разработку, развитие и внедрение AR в течение последних нескольких лет такими крупными компаниями, как Apple, Facebook и Google. Для сравнения, более 80% жителей США владеют смартфоном, значит, теоретически могли бы использовать приложения с дополненной реальностью [2]. Можно выделить несколько причин, которые способствуют низкому уровню использования дополненной реальности:

- Низкое качество распознавания окружающей среды в AR, вызванное отсутствием специализированных датчиков;
- Недостаточная производительность устройств, ограничивающая реалистичность отображаемого виртуального 3D-контента;

- Высокая сложность разработки AR-приложений в связи с необходимостью специфичных знаний для разработчиков;
- Отсутствие универсального набора компонентов для мобильного пользовательского интерфейса в дополненной реальности.

Рассмотрим более подробно последнюю проблему в этом списке. Поскольку каждому разработчику мобильного приложения требуется с нуля разрабатывать UI-элементы и продумывать варианты взаимодействия пользователя с приложением, повышается сложность разработки, и итоговый результат может получиться неочевидным для пользователя, что влечет за собой снижение влияния и охвата.

Ниже описаны базовые концепции и правила UX, специфичные для AR, а также рассмотрены основные компоненты, которые требуются для реализации многих приложений с дополненной реальностью (например, цвета, жесты и так далее) с учетом описанных правил.

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ UI/UX в AR**

В данном разделе представлены пять принципов, соблюдение которых при разработке мобильного приложения с дополненной реальностью способствует наиболее приятному опыту использования этого приложения конечным пользователем. Эти фундаментальные принципы используются для принятия решений при проектировании компонентов пользовательского интерфейса, описанных в остальных разделах статьи.

### ***1. Принцип максимального погружения пользователя***

Аналогично погружению зрителя в художественный мир при просмотре театральной постановки или кинофильма, для комфортного использования дополненной реальности рекомендуется непрерывное взаимодействие пользователя с виртуальным миром, при котором его не будут отвлекать посторонние элементы. Можно выделить следующие основные правила:

- Минимальное количество дополнительных 2D UI-элементов;
- AR должен заполнять весь экран устройства;
- Обработка прерываний сессии дополненной реальности (по инициативе пользователя или по другим причинам).

## **2. Принцип связанности виртуального и реального миров**

Чтобы способствовать принципу максимального погружения, виртуальные объекты, размещенные в дополненной реальности, должны максимально точно повторять реальность, естественно выглядеть и реагировать на различные факторы, например:

- Изменять насыщенность цвета текстуры в соответствии с уровнями освещения окружения пользователя;
- Соблюдать «правило глубины», то есть реальные объекты, помещенные перед виртуальным, должны его частично или полностью перекрывать;
- Реагировать на все ожидаемые жесты пользователя и двигаться естественно, согласно законам физики;
- Располагаться на горизонтальных или вертикальных поверхностях, а не находиться в «подвешенном» состоянии в воздухе.

В качестве исключения можно рассматривать 3D UI-элементы, которые могут целенаправленно выделяться на фоне реального мира для того, чтобы донести до пользователя какую-то информацию или обозначить доступную для него возможность.

## **3. Принцип безопасности и комфорта использования**

Несмотря на то, что при разработке мобильного приложения с дополненной реальностью большое количество времени и ресурсов уделяется виртуальной составляющей приложения, следует учитывать, что пользователь использует продукт в реальном мире, значит, могут возникать ситуации, вызванные физическими особенностями использования дополненной реальности:

- Слишком продолжительное (более, чем несколько минут) подвижное использование дополненной реальности может вызывать утомление и потерю концентрации [3];
- Окружающая среда пользователя может представлять опасность для него, например, ребенок может случайно выбежать на проезжую часть дороги во время игры в дополненной реальности;

- Определенные типы устройств имеют различные преимущества и недостатки по сравнению с другими, например, телефон и очки больше подходят для продолжительного использования, а планшет лучше подходит для совместного использования и просмотра объектов в дополненной реальности.

#### ***4. Принцип адаптивной коммуникации с пользователем***

В связи с тем, что технология дополненной реальности еще не имеет широкого распространения в повседневной жизни обычных пользователей, крайне важно продумывать в реализации самые различные варианты использования и соответственно реагировать на разные ситуации, например:

- При первом запуске приложения рекомендуется произвести краткое обучение основным возможностям и специфическим функциям приложения в дополненной реальности;
- Вспомогательные функции могут быть скрыты в первое время и дополнительно представлены в процессе использования;
- Приложение при необходимости может активно «управлять» вниманием пользователя с помощью различных подсказок и визуальных элементов. Поскольку пользователь имеет свободу передвижения в пространстве, в некоторых ситуациях может потребоваться указать на необходимость его взаимодействия с определенным 3D-объектом.

#### ***5. Принцип обработки технических ограничений***

Несмотря на то, что область дополненной реальности стремительно развивается с каждым обновлением, в любой момент времени для каждого приложения можно выделить ряд ограничений и негативных сценариев использования, которые можно разбить на три большие категории:

- Аппаратные ограничения. Например, отсутствие или некорректная работа датчика глубины на устройстве может вызвать проблемы с распознаванием окружения пользователя. Также необходимо учитывать текущий уровень заряда аккумулятора устройства и возможное тепловое воздействие при высоких вычислительных нагрузках и плохом охлаждении.

- Программные ограничения. В зависимости от использования того или иного набора технологий для дополненной реальности возникает ряд программных ограничений. Например, на данный момент в фреймворке ARKit для достижения наилучшей производительности и точности рекомендуется одновременно добавлять до 25 изображений-маркеров для распознавания в дополненной реальности [4].
- Ограничения окружения. При разработке приложения следует продумать и корректно обрабатывать все возможные неблагоприятные варианты окружения (плохая освещенность, использование на движущейся платформе, некорректное распознавание маркера и др.).

### **ВЫБОР ЦВЕТА В ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Любой визуальный объект, который может быть расположен пользователем или приложением в дополненной реальности, обладает набором фундаментальных характеристик, таких, как цвет, относительный и абсолютный размеры, ориентация в пространстве, прозрачность и так далее. В этом разделе рассмотрим наименее очевидное для реализации качество из этого списка, а именно, цвет.

Объекты в дополненной реальности можно разделить на две большие категории: вспомогательные объекты (например, различные надписи, индикаторы, кнопки, прицел глубины) и смысловые объекты содержимого приложения (например, игровой персонаж или сцена окружения). В зависимости от типа объекта можно применить различные стратегии по выбору цвета.

Согласно принципу максимального погружения и принципу связанности виртуального и реального миров, для смысловых объектов рекомендуется выбирать цвета, наиболее приближенные к естественным, ожидаемые пользователем в его текущем окружении. Например, в условиях плохого освещения цвет объекта должен адаптироваться и становиться более темным, менее насыщенным. Аналогично при ярком уровне освещения (например, при использовании дополненной реальности на улице под прямыми солнечными лучами) объект должен становиться максимально ярким и насыщенным. Стоит отметить, что некоторые фреймворки дополненной реальности и 3D-рендеринга (например, ARKit, SceneKit) поддерживают автоматическое адаптивное изменение материалов объекта в условиях плохого освещения [5].

Для другой категории визуальных объектов, а именно, вспомогательных элементов, рекомендуется выбрать универсальный цвет, который будет достаточно выделяться на фоне реального и виртуального окружения пользователя. Выбор определенного цвета зависит от конкретного приложения и вариантов его использования, однако было установлено, что наиболее контрастным цветом является белый, особенно при использовании совместно с темными тенями вокруг объекта для его подчеркивания в светлом окружении. В этом случае интенсивность элемента можно регулировать, например, прозрачностью объекта. Такая комбинация цветов выглядит естественно в дополненной реальности, обладает необходимым уровнем контраста как в темном окружении, так и в светлом (см. рис. 1).



Рисунок 1. Пример использования белого цвета для надписей в дополненной реальности

Также для вспомогательных элементов в дополненной реальности возможно использование динамических цветов, которые будут автоматически адаптироваться под окружение пользователя. Например, для реализации такого цвета может анализировать фоновый участок под элементом и в зависимости от яркости и насыщенности его цвета переключать цвет самого вспомогательного объекта с белого на черный. Также возможно создание алгоритма определения визуально комфортного и контрастного цвета для заданного участка изображения.

При использовании динамического цвета стоит принимать во внимание тот факт, что фоновый участок под элементом может изменяться очень быстро,

например, при изменении ракурса просмотра либо при перемещении объекта. Для наиболее комфортного использования рекомендуется изменять цвет плавно, используя усредненные значения за небольшой период времени (до нескольких секунд), что создает эффект анимированного перехода и не привлекает к элементу излишнее внимание пользователя.

### **ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ОКРУЖЕНИЯ**

Большинство приложений с дополненной реальностью предоставляет пользователю возможность размещения виртуальных 3D-объектов в окружении пользователя. Например, одно из наиболее популярных приложений, IKEA Place [6], позволяет с помощью AR располагать предметы мебели в помещении пользователя. Для этого пользователь выбирает необходимый предмет из представленного каталога, далее происходит процесс распознавания окружения и расположение предмета.

Согласно принципу связанности виртуального и реального миров, смысловые объекты должны наиболее точно повторять естественное поведение. В частности, пользователь ожидает, что они по законам физики будут лежать на какой-либо поверхности (на полу, столе или быть прикреплены к стене), а не будут «висеть в воздухе», за исключением тех случаев, где такое поведение ожидаемо пользователем. Для точного размещения объекта в окружении пользователя необходима реализация следующих компонентов:

1. Точное распознавание и последующее обновление поверхностей окружения (горизонтальных, вертикальных плоскостей и поверхностей произвольной формы);
2. Соответствующая индикация распознанных поверхностей для взаимодействия пользователя с ними при размещении или перемещении объекта на сцене;
3. Отображение вспомогательного прицела для демонстрации текущего уровня глубины.

Поскольку первый пункт из данного списка уже реализован на достаточно хорошем уровне в наиболее популярных фреймворках дополненной реальности и не относится к UI/UX, то он выходит за рамки этой статьи. Рассмотрим более

подробно варианты отображения распознанного мира и необходимость прицела для индикации глубины.

Относительный размер объекта на экране в дополненной реальности отражает два различных показателя: физический размер самого объекта и расстояние от камеры до объекта. Другими словами, если некоторый объект на экране выглядит маленьким, это не значит, что он на самом деле является таковым, потому что он может быть размещен на большом расстоянии от текущего местоположения пользователя на сцене относительно него.

При расположении нового объекта пользователь должен интуитивно понимать расстояние, на котором от него этот объект размещается. Это расстояние часто называется глубиной и в момент размещения объекта на сцене отображается специальным вспомогательным прицелом в дополненной реальности. В связи с отсутствием универсального системного компонента существует множество различных реализаций для этого компонента (см. рис. 2).



Рисунок 2. Пример реализации прицела для индикации глубины в дополненной реальности

Согласно принципам, описанным в первом разделе статьи, прицел для индикации глубины в дополненной реальности должен обладать следующими универсальными свойствами:



- располагаться в центре экрана и автоматически менять ориентацию в пространстве при изменении положения и ракурса камеры, а также при изменении окружения пользователя;
- максимально точно повторять геометрию окружения, а именно, распознанные поверхности, например, изменять угол наклона при переходе от стены к полу;
- отображаться только при необходимости, например, если пользователь желает разместить виртуальный объект в окружении, и в данный момент существует достаточное количество информации для точного расположения прицела и, соответственно, объекта на поверхности;
- сглаживать перемещения прицела с помощью усреднения последних  $N$  координат прицела ( $N$  зависит от частоты обновления данных, необходимого уровня «плавности» и определяется экспериментальным путем), что позволяет избежать резких изменений положения прицела при ошибочном распознавании поверхности окружения пользователя.

В зависимости от контекста использования можно выделить набор обязательных, но удобных функций для прицела:

- Отображение небольшой области геометрии поверхности вокруг прицела с помощью полупрозрачной сетки. Такая необходимость может возникнуть, если выбранный 3D-объект может сильно изменяться в зависимости от формы той поверхности, на которую он будет расположен;
- Отображение полупрозрачного виртуального объекта над прицелом или рядом с ним. Например, при размещении предмета мебели приложение может показывать прицел на полу и полупрозрачный предмет над ним. Когда пользователь подтверждает размещение объекта, он перестает быть полупрозрачным, а прицел исчезает.

Стоит отметить, что форма прицела в теории может быть произвольной, однако, согласно принципу максимального погружения, рекомендуется выбирать наиболее простое и понятное визуальное отображение прицела, которое не яв-

ляется отвлекающим фактором от содержимого самого приложения. При необходимости высокой точности размещения (например, в приложениях для проведения измерений расстояния в дополненной реальности) можно добавить небольшой визуальный индикатор в геометрический центр прицела.

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВИРТУАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Учитывая аппаратные особенности использования дополненной реальности (в частности, расположение 3D-объектов на изображении с камеры мобильного устройства), на данный момент основным и наиболее приемлемым способом взаимодействия пользователя с виртуальными объектами являются жесты.

Неочевидность реализации подобных жестов вызвана тем, что они происходят в 2D-пространстве (а именно в плоскости экрана мобильного устройства), однако конечная цель этих жестов — манипулирование объектами в 3D-пространстве. Более того, возможно комбинирование традиционного жеста (перемещение пальца на экране) с одновременным перемещением устройства в пространстве.

Согласно принципу связанности виртуального и реального мира, объекты в дополненной реальности должны реагировать на жесты пользователя естественно, так, как они реагировали бы в реальном мире. Тем не менее, рекомендуется сделать несколько поправок для упрощения взаимодействия пользователя с объектами, а именно:

1. При совершении жеста «поворота» объекта двумя пальцами следует выбрать и зафиксировать одну ось, вокруг которой будет совершаться поворот. В качестве этой оси может выступать произвольная ось, которая является параллельной лучу из камеры устройства в выбранный объект в начальный момент жеста, либо некоторая конкретная ось, заранее определенная по смыслу для этого объекта, с наименьшим отклонением от указанного луча.
2. При перемещении объекта по сцене следует учитывать информацию о распознанном окружении. Перемещаемый объект не должен «проваливаться» за какую-либо поверхность, а должен естественным об-

разом скользить по ней. Также рекомендуется автоматически прикреплять объект к поверхности при его непосредственной близости к ней (эту функцию можно назвать «эффектом магнита»).

3. Следует ограничить жест масштабирования двумя пальцами только для тех случаев, где это действительно необходимо. Как уже было указано выше, относительный размер объекта на экране передает информацию пользователю о физическом размере предмета и расстоянии до него, в связи с этим изменение относительного размера путем его масштабирования не является естественным и нарушает принцип максимального погружения.

В качестве целевого объекта для жеста может выступать тот объект, который находится «под пальцем» пользователя в начальный момент жеста. В тех ситуациях, когда относительный размер целевого объекта является небольшим, рекомендуется увеличить область потенциального взаимодействия с ним до комфортных размеров. В том случае, если целевых объектов в момент жеста несколько, для наиболее интуитивного эффекта рекомендуется выбирать объект, ближайший к пользователю, который закрывает собой остальные.

Кроме жестов пользователь может взаимодействовать и другими способами с виртуальными объектами, например, с помощью голоса, движения или относительного местоположения — игровой персонаж может реагировать на приближение камеры устройства. Однако в контексте дополненной реальности на мобильных устройствах такие взаимодействия не являются основными.

### **КОНТЕКСТНАЯ МЕТАИНФОРМАЦИЯ**

После первоначального запуска приложения с дополненной реальностью может потребоваться некоторое время для распознавания окружения пользователя (в большинстве случаев этот период занимает несколько секунд). Согласно принципу адаптивной коммуникации с пользователем, на экране следует отобразить визуальные подсказки, которые помогут пользователю сканировать его окружение и начать пользоваться дополненной реальностью.

Поскольку данная метаинформация зачастую отображается в условиях возникновения каких-либо технических трудностей с дополненной реальностью, следует отображать ее в плоскости экрана традиционными 2D-элементами, а не в

дополненной реальности. Для того чтобы это не противоречило принципу максимального погружения, количество этих UI-элементов должно быть минимальным (без потери информативности), и они должны отображаться только в тот момент, когда это необходимо для пользователя (см. рис. 3).

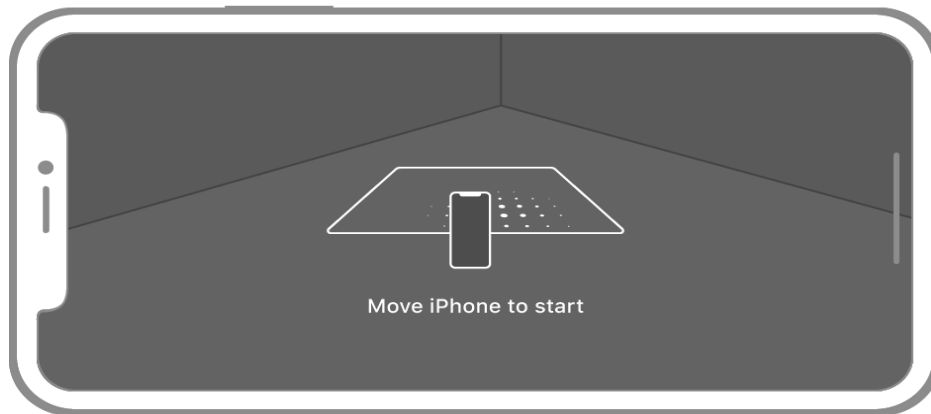


Рисунок 3. Пример отображения подсказки при инициализации сессии дополненной реальности в ARKit

При возникновении каких-либо проблем с распознаванием окружения пользователя необходимо отображать конкретные, короткие подсказки для пользователя. Например, в случае необходимости распознавания изображения-маркера в приложении можно отобразить следующее сообщение: «Наведите камеру на фотографию». Аналогично подобными сообщениями можно информировать пользователя о различных внешних условиях (с разным уровнем интенсивности сообщения):

- Подключение других устройств к общей сессии дополненной реальности (например, в игре с мультиплеером);
- Предостережение пользователя о потенциально опасных ситуациях, особенно при распознавании их признаков (например, если ребенок во время игры в AR выбежал на дорогу);
- Уведомление о низком уровне заряда аккумулятора и потенциальных изменениях в дополненной реальности.

Помимо отображения визуальных надписей и подсказок, можно использовать другие способы коммуникации с пользователем, а именно: голосовые подсказки, звуковые и тактильные эффекты.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании описанных выше принципов, базовых концепций и правил UX, специфичных для AR, представляется возможной разработка библиотеки универсальных компонентов для использования в мобильных приложениях с дополненной реальностью. Как уже отмечалось, это поможет решить две проблемы, связанные между собой:

1. Разработчики мобильных приложений смогут сосредоточиться на создании уникальных функций, а не повторной реализации фундаментальных элементов, что минимизирует финансовые и временные затраты на создание приложений с дополненной реальностью;
2. Пользователи мобильных приложений с дополненной реальностью получат интуитивно понятный набор визуальных компонентов и взаимодействий, что позволит увеличить охват.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Virtual and Augmented Reality Users 2019*. URL: <https://www.emarketer.com/content/virtual-and-augmented-reality-users-2019>.
  2. *Demographics of Mobile Device Ownership and Adoption*. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile/>.
  3. *Human Interface Guidelines // Apple*. URL: <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/overview/themes/>.
  4. *ARWorldTrackingConfiguration – detectionImages // Apple Developer Documentation*. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/arworldtrackingconfiguration/2941063-detectionimages>.
  5. *ARConfiguration // Apple Developer Documentation*. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/arconfiguration/2923546-islightestimationenabled>.
  6. *IKEA Place*. URL: <https://apps.apple.com/us/app/ikea-place/id1279244498>.
-

## USER INTERFACE COMPONENTS FOR NATIVE MOBILE APPLICATIONS WITH AUGMENTED REALITY

Rinat Khanov <sup>1</sup>, Dmitriy Evdokimenko <sup>2</sup>

*The Higher Institute of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan Federal University*

<sup>1</sup> rinat@khanov.com, <sup>2</sup> evdodima@gmail.com

### **Abstract**

A description of the user interface elements for native mobile applications with augmented reality. Specifically, an analysis of the different UI components required for augmented reality apps (for example, support of basic gesture recognition for interactions between the application user and 3D objects, possible color combinations), as well as a comparison between these components.

**Keywords:** *augmented reality, AR, ARKit, iOS, UX, user interface.*

### **REFERENCES**

1. *Virtual and Augmented Reality Users 2019*. URL: <https://www.emarketer.com/content/virtual-and-augmented-reality-users-2019>.
2. *Demographics of Mobile Device Ownership and Adoption*. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile/>.
3. *Human Interface Guidelines // Apple*. URL: <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/overview/themes/>.
4. *ARWorldTrackingConfiguration – detectionImages // Apple Developer Documentation*. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/arworldtrackingconfiguration/2941063-detectionimages>.
5. *ARConfiguration // Apple Developer Documentation*. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/arconfiguration/2923546-islightestimationenabled>.
6. *IKEA Place*. URL: <https://apps.apple.com/us/app/ikea-place/id1279244498>.

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**



**ХАНОВ Ринат Гафурович** – студент 2 курса магистратуры Высшей школы информационных технологий и интеллектуальных систем КФУ, направление «Программная инженерия».

**Rinat Gafurovich KHANOV**, student of 2 grade of master program of Higher Institute of Information Technologies and Intelligent Systems of Kazan Federal University.

email: rinat@khanov.com



**ЕВДОКИМЕНКО Дмитрий Андреевич** – Студент 2 курса магистратуры Высшей школы информационных технологий и интеллектуальных систем КФУ, направление «Программная инженерия».

**Dmitriy Andreevich EVDOKIMENKO**, student of 2 grade of master program of Higher Institute of Information Technologies and Intelligent Systems of Kazan Federal University.

email: evdodima@gmail.com

*Материал поступил в редакцию 7 апреля 2020 года*