Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «**Информатика и системы управления**»

КАФЕДРА «**Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии**»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

Метод динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла

Студент группы **ИУ7-84Б** _____ **П. А. Егорова**
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Руководитель ВКР _____ **Т. А. Никульшина**
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Нормоконтролер _____ **Д. Ю. Мальцева**
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

***2024** г.*

РЕФЕРАТ

Расчетно–пояснительная записка 69 с., 9 рис., 6 табл., 59 ист.

Ключевые слова: пользовательский интерфейс, горячая перезагрузка, XML.

Объектом исследования данной работы является динамическое отображение изменений пользовательского интерфейса. Существует множество методов отображения интерфейса, однако не каждый из них предоставляет возможность мгновенно отображать изменения при внесении коррективов в код. Целью данной работы является разработка метода динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

— выявлены критерии, по которым можно классифицировать методы отображения пользовательского интерфейса;
— рассмотрены и классифицированы согласно выдвинутым критериям существующие методы отображения интерфейса;
— разработан метод динамического отображения изменений интерфейса на основе обработки изменений XML–файла;
— разработано программное обеспечение, реализующее представленный метод;
— проведено сравнение скорости внесения изменений в интерфейс разработанной и существующей реализаций.

Поставленная цель достигнута: в ходе дипломной работы был разработан метод динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла. Разработанный метод в сравнении с аналогами повышает скорость внесений изменений в интерфейс: это достигается благодаря реализации функции горячей перезагрузки.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей расчетно–пояснительной записке применяют следующие сокращения и обозначения.

UI (User Interface) — пользовательский интерфейс;

ПО (программное обеспечение) — программа или множество программ, используемых для управления компьютером;

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, с развитием технологий и повсеместным использованием интернета, наличие интерфейса играет ключевую роль в обеспечении комфортного и эффективного взаимодействия пользователей с различными приложениями и веб-сервисами, а профессии мобильного или frontend разработчика являются одними из самых востребованных на рынке.

Вёрстка для мобильных и frontend разработчиков является сложным и трудоемким процессом из–за необходимости учитывать различные размеры экранов, плотности пикселей, ориентации устройств и другие аспекты, которые влияют на отображение контента на различных устройствах. Это требует создания адаптивного дизайна, который будет корректно отображаться как на больших, так и на маленьких устройствах. Также стоит учитывать, что изменения в дизайне или структуре приложения могут потребовать переработки большого объема кода, что может быть затратным по времени и ресурсам.

С целью разрешить описанную ранее проблему было создано большое количество методов создания пользовательского интерфейса. Однако не каждый из них предоставляет возможность мгновенно отображать изменения при внесении коррективов в код. Целью данной работы является разработка метода динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

— выявить критерии, по которым можно классифицировать методы отображения пользовательского интерфейса;
— рассмотреть существующие методы отображения интерфейса и классифицировать их согласно выдвинутым критериям;
— разработать метод динамического отображения изменений интерфейса на основе обработки изменений XML–файла;

— разработать программное обеспечение, реализующее представленный метод;
— сравнить скорость внесения изменений в интерфейс разработанной и существующей реализаций.

1 Аналитическая часть

В данном разделе выдвигаются критерии, по которым можно классифицировать методы отображения пользовательского интерфейса. Проводится краткий обзор существующих методов, а также их классификация согласно выдвинутым критериям сравнения. Формализуется постановка задачи в виде IDEF0–диаграммы.

1.1 Критерии классификации методов отображения интерфейса

По результатам опроса, проведенного среди мобильных и frontend–разработчи
были выявлены критерии, по которым, с точки зрения процесса разработки, можно классифицировать методы создания пользовательского интерфейса:

— **Адаптивность интерфейса**: возможность создания интерфейса, адаптируемого для экранов разного размера или двух ориентаций.

— **Интеграция в существующий код**: возможность постепенного внедрения метода в существующий код или совмещения с другими UI–фреймворками

— **Механизм обработки изменений интерфейса**: наличие механизма, посредством которого отслеживаются обновления UI–компонента и инициируется его повторное отображение без участия разработчика.

— **Горячая перезагрузка**: возможность отображать изменения интерфейса, внесенные в код по время исполнения, без перекомпиляции всего приложения.

1.2 Методы отображения интерфейса в frontend–разработке

Frontend — это визуальная часть веб–сайта, которую пользователь видит и с которой может взаимодействовать при помощи браузера.

Для разработки frontend в качестве базовых инструментов используются следующие языки:

— HTML (от англ. Hypertext Markup Language, «язык гипертекстовой разметки») — это система форматирования для отображения материалов, полученных через Интернет [2]. HTML обычно используется для структу-

рирования веб–документа. Он определяет такие элементы, как заголовки или абзацы, и позволяет вставлять изображения, видео и другие медиафайлы.

— CSS (от англ. Cascading Style Sheets, «каскадные таблицы стилей») — это декларативный язык программирования, используемый для разработки контента веб–сайта [3]. Он определяет то, как HTML–элементы будут выглядеть на веб–странице с точки зрения дизайна, макета на разных устройствах с разными размерами экрана. CSS управляет макетом множества различных веб–страниц одновременно.

— JavaScript — язык программирования, который позволяет создавать сложные функции и интерактивность на веб–сайтах и в веб–приложениях, а также в других вариантах использования, повышает общую интерактивность сайта [4]. Веб–страницы, разработанные с помощью JavaScript, реагируют на действия пользователей и обновляются динамически.

Использование JavaScript в разработке стало повсеместным: до 97% веб–сайтов сегодня написаны с его использованием, по сравнению с 88% десять лет назад. За тот же период времени произошли изменения в том, как используется JavaScript: если десять лет назад до 60% веб–сайтов использовали JavaScript без помощи каких–либо библиотек или фреймворков, то сегодня это делают менее 20% [5]. Интерфейсные фреймворки — это предварительно написанный набор стандартизированного кода HTML, CSS и JavaScript, который разработчики могут использовать для более эффективного создания веб–приложений. Многие из подобных библиотек — библиотеки с открытым исходным кодом. По данным с GitHub [6], самыми популярными являются следующие фреймворки:

— React — 221 тысяча Звезд на GitHub [7].

— Vue — 207 тысяч Звезд на GitHub [8].

— Angular — 94,3 тысячи Звезд на GitHub [9].

Рассмотрим каждый из фреймворков детальнее и классифицируем их со-

гласно выделенным критериям.

1.2.1 React

React — это библиотека JavaScript для создания пользовательских интерфейсов [10]. Библиотека была создана для использования в крупных проектах, разрабатывающих объемные интерфейсы и оперирующих данными, которые меняются с течением времени [13].

Большинство современных frontend–фреймворков используют для управления интерфейсом DOM (от англ. Document Object Model) — специальную древовидную структуру, которая позволяет управлять HTML–разметкой JavaScript–кода. Управление обычно состоит из добавления и удаления элементов, изменения их стилей и содержимого [11]. Основной особенностью библиотеки React является наличие виртуального DOM: это концепция, при которой виртуальное представление пользовательского интерфейса хранится в памяти, синхронизированной с «реальным» DOM, React использует его для эффективного обновления пользовательского интерфейса и управления изменениями, вносимыми в него. Причина повышенной производительности заключаестся в объеме изменяемой информации: сравнивается элемент и его дочерние элементы с предыдущими и применяются только обновления DOM, необходимые для преобразования в желаемое состояние.

Немаловажной особенностью библиотекм является компонентная архитектура React, которая позволяет разработчикам создавать повторно используемые UI–элементы и размещать их для создания адаптируемых для разных размеров экранов пользовательских интерфейсов. Концептуально компоненты похожи на функции JavaScript. Они принимают произвольные входные данные (называемые «props» или свойствами) и возвращают React–элементы, описывающие, что должно появиться на экране [13]. Возможность многократного использования компонентов повышает масштабируемость.

Поскольку приложения React используют JavaScript и JSX, разработчики могут применять традиционные методы организации кода. JSX преобразуется

из XML–подобного синтаксиса, с которым многие знакомы, в JavaScript, необходимый React. Самое простое объяснение того, как JSX способен использовать XML–подобный синтаксис и преобразовывать его в JavaScript, который используется для генерации элементов React и компонентов, заключается в том, что он просто сканирует XML–подобную структуру и заменяет теги на функции, необходимые в JavaScript [12]. После компиляции выражения JSX становятся обычными вызовами функций JavaScript и вычисляются в объекты JavaScript [13].

React позволяет внедрять веб–интерфейсы в уже существующий код, например, написанный на JavaScript, без необходимости использования JSX или специальных сборщиков кода. То есть можно создавать элементы React прямо в JavaScript. Для этого используется функция React.createElement(), а компоненты определяются как функции или классы. Затем элементы отображаются на странице с помощью ReactDOM.render() [13]. Такой подход обеспечивает гибкость и возможность интеграции React в существующий код, что может быть полезно при постепенном переходе к использованию React.

Еще одна особенность React – это горячая перезагрузка (Hot Module Replaceme
- HMR) [14]. Эта функциональность автоматически обновляет приложение в браузере при сохранении изменений в исходном коде. Она позволяет разработчикам быстро увидеть результаты произведенных изменений без необходимости перезагрузки страницы. Для реализации горячей перезагрузки React использует встроенную функциональность модулей JavaScript. При изменении исходного кода React обновляет только те компоненты, которые изменились, не требуя повторной загрузки всего приложения. Однако горячая перезагрузка — это функциональность, которая обычно реализуется с помощью сторонних инструментов и плагинов.

1.2.2 Vue.js

Vue — это прогрессивный фреймворк для создания пользовательских интерфейсов [15].

Создатели заявляют, что основной особенность Vue.js, в отличие от других монолитных фреймворков, является возможность постепенного внедрения. Библиотеку легко сочетать с другими методами верстки или интегрировать в существующие проекты [15]. Также можно использовать Vue.js для управления только частью страницы или функциональности, не переписывая полностью существующий код. Для внедрения требуется настроить сборку проекта, чтобы поддерживать Vue компоненты и использовать Vue CLI [18] для управления проектом.

Компоненты в Vue.js являются основным строительным блоком при разработке приложений. Они позволяют создавать переиспользуемые и модульные элементы интерфейса, адаптируемые для разных размеров экранов. Каждый компонент в фреймворке представляет собой независимую единицу, которая содержит свою логику, шаблон и стили.

Vue.js, заимствуя технологию у React, также использует виртуальный DOM, дабы дать разработчику возможность программно создавать, проверять и компоновать нужные структуры пользовательского интерфейса декларативным способом, оставляя прямое управление DOM на усмотрение рендеринга [16]. В силу реактивного подхода фреймворк использует специальные Proxy–объекты [17]. Они содержат в себе другие объекты или функции, позволяющие «перехватывать» изменения в них, чтобы узнавать, когда данные стали иными. После первой отрисовки у компонента будет список отслеживаемых зависимостей, полученных из свойств, затронутых в момент отрисовки. Компонент подписывается на каждое из этих свойств. Когда Proxy перехватывает операцию обновления, все подписанные на свойство компоненты будут уведомлены и перерисованы.

Горячая перезагрузка в Vue — это функция, которая позволяет заменить экземпляры компонента без перезагрузки страницы. При этом сохраняется текущее состояние приложения и заменяемых компонентов. При создании проекта с помощью Vue CLI — полноценной системы для быстрой разработки на

Vue.js [18] — горячая перезагрузка включена по умолчанию.

1.2.3 Angular

Angular — веб–фреймворк, который позволяет разработчикам создавать быстрые и надежные приложения, предоставляет широкий набор инструментов, API и библиотек для упрощения процесса разработки [19].

Чтобы связывать данные приложения и отображение, Angular использует HTML–подобный синтаксис для своих шаблонов и компилирует эти шаблоны в набор инструкций, которые создают браузерные DOM–элементы. Angular не использует виртуальный DOM, чтобы хранить дерево компонентов в памяти [21]. Вместо этого фреймворк предлагает две стратегии для обнаружения изменений: default и onPush [23]. Первая стратегия сводится к рекурсивному проходу по дереву компонентов и сравнению текущего значение с предыдущим для каждого выражения, используемого в шаблоне. Если значения отличаются, то фреймворк отмечает их специальным образом и по окончании прохода меняет отображение в DOM. Стратегия очень удобна, так как разработчику ничего не нужно проверять самостоятельно, однако в больших приложениях может вызывать проблему с производительностью из–за частых перезапусков проверок на любое возникающее событие. В борьбе за производительность создатели Angular разработали вторую стратегию — onPush, которая отключает автоматическое обнаружение изменений. Тем не менее обнаружение изменений все еще может быть вызвано явно, например, путем вызова соответствующих ассинхронных функций. Стратегии обновления могут использоваться одновременно: onPush чаще применяют для оптимизации высоконагруженных частей приложения.

Компоненты Angular обеспечивают структуру для организации проекта и деление на простые для понимания части с четкими обязанностями, чтобы код был масштабируемым [20]. Как React и Vue.js, фреймворк позволяет создавать адаптируемые для разных размеров устройств интерфейсы.

В Angular также есть поддержка горячей перезагрузки (Hot Module Replacemen

— HMR) [22]. Горячая перезагрузка позволяет обновлять только те части приложения, которые были изменены, без полной перезагрузки страницы. Это ускоряет процесс разработки и упрощает работу с приложением. Angular CLI, инструмент командной строки для разработки приложений, поддерживает горячую перезагрузку по умолчанию.

Фреймворк предоставляет возможность постепенного внедрения, что позволяет добавлять Angular–компоненты, модули и функциональность к существующему веб–приложению по мере необходимости.

1.3 Методы отображения интерфейса в мобильной разработке

Двумя самыми популярными в мире операционными системами для мобильных устройств являются Android и iOS [24]. Android разработан компанией Google и используется на широком спектре устройств от разных производителей, таких как Samsung, Huawei, Xiaomi и другие [25]. iOS, в свою очередь, разработана компанией Apple и используется на устройствах iPhone, iPad и iPod Touch [26].

Обе операционные системы имеют свои особенности, интерфейсы и набор функций, и разработчики мобильных приложений часто создают версии своих приложений как для iOS, так и для Android, чтобы охватить более широкую аудиторию пользователей. В связи с чем появилось два подхода к разработке программного обеспечения для мобильных устройств: нативная и кроссплатформенная разработка.

Нативная разработка — это процесс создания приложений для определенной операционной системы или платформы с использованием языков программирования и инструментов, специфичных для данной платформы [27]. Для iOS приложений используется язык программирования Swift или Objective–C, а для Android — Java или Kotlin.

Кроссплатформенная разработка подразумевает создание приложений, которые могут работать на различных операционных системах без необходимости создания отдельных версий для каждой из них [27]. Для кроссплатформен-

ной разработки часто используются фреймворки и инструменты, которые позволяют написать код один раз и запускать его на разных платформах. Кроссплатформенная разработка обычно упрощает процесс создания приложений для разных платформ, но может иметь ограничения по производительности и доступу к специфическим функциям устройств.

Далее будут рассмотрены и классифицированы методы отображения интерфейса для каждого из подходов.

1.3.1 Кроссплатформенная разработка

Одними из самых популярных кроссплатформенных мобильных фреймворков являются Flutter и React Native [28].

Flutter

Flutter — это инструментарий пользовательского интерфейса Google для создания приложений для мобильных устройств, веб–приложений и настольных компьютеров на основе единой кодовой базы [29].

В силу этой особенности, главным свойством фреймворка является возможность создавать интерфейс, адаптируемый не только для разных размеров конкретного устройства, например, экрана компьютера, а разных типов устройств. В связи с этим Flutter обладает большим количеством виджетов и технологий, упрощающих задачу компоновки.

Официальная документация фреймворка гласит: «Иногда нецелесообразно переписывать всё приложение на Flutter сразу. В таких ситуациях Flutter можно интегрировать в ваше существующее приложение по частям, в виде библиотеки или модуля. Затем этот модуль можно импортировать в приложение для Android или iOS, чтобы отобразить часть пользовательского интерфейса вашего приложения во Flutter» [30].

Виджеты в Flutter представляют собой элементы пользовательского интерфейса, которые позволяют отображать содержимое и взаимодействовать с

пользователем. Виджеты могут быть простыми, а могут и содержать другие виджеты внутри себя. При изменении состояния виджета перестраивается его описание, которое фреймворк сравнивает с предыдущим описанием, чтобы определить минимальные изменения, необходимые в базовом дереве рендеринга для перехода из одного состояния в следующее [31].

Flutter поддерживает функцию горячей перезагрузки, что помогает сократить время создания пользовательских интерфейсов. Технология работает путем внедрения обновленных файлов исходного кода в работающую виртуальную машину, на которой развернуто приложение. После того, как виртуальная машина обновляет классы новыми версиями полей и функций, платформа автоматически перестраивает дерево виджетов, позволяя быстро просмотреть последствия изменений [32].

React Native

React Native — это фреймворк с открытым исходным кодом для создания приложений для Android и iOS, использующий React и собственные возможности платформы приложений [33]

Особенностью React Native, как кроссплатформенного фреймворка, является наличие возможности создания версий компонентов, зависящих от платформы, чтобы одна кодовая база могла совместно использовать код на разных платформах. С React Native одна команда может поддерживать несколько платформ и использовать общую технологию — React. Таким образом фреймворк позволяет создавать интерфейс, для разных размеров и ориентаций устройств.

React Native подходит для добавления кода в существующие приложения. Выполнив несколько шагов, можно добавить новые функции, экраны, представления на основе React Native и т.д. Однако, настройка интеграции может отличаться для разных платформ [35].

При разработке для Android представления создаются с помощью кода на

Kotlin или Java, для iOS — с помощью Swift или Objective-C. React Native может вызывать эти представления с помощью JavaScript, используя компоненты React. Во время выполнения React Native создает соответствующие представления Android и iOS для этих компонентов. Поскольку компоненты React Native поддерживаются теми же представлениями, что и Android и iOS, приложения React Native выглядят и работают так же, как и приложения, созданные с помощью нативных языков.

Как и виртуальный DOM в React, React Native создает древовидную иерархию для определения представлений. Когда фреймворк отправляет команды для рендеринга макета, группа теневых узлов собирается для построения теневого (виртуального) дерева, которое представляет изменяемую сторону макета, написанную на соответствующем нативном языке [36]. Затем преобразуется в фактические представления на экране, с помощью Yoga — кроссплатформенного движка верстки [37].

Также как и React, React Native поддерживает функцию горячей перезагрузки.

1.3.2 Нативная разработка Android

Метод с использованием XML

Классический метод верстки на Android предполагает размещение элементов на экране с помощью XML–файла [38]. XML — это расширяемый язык разметки, который предоставляет правила для определения любых данных. XML–файл состоит из различных тегов и атрибутов, которые задают верстку всему экрану. В среде разработки, благодаря использованию специальных инструментов, можно наблюдать, как будет выглядеть макет на различных типах и форматах дисплеев.

Сам по себе XML–файл представляет только разметку, то есть то, как эле-

менты интерфейса будут выглядеть и располагаться на экране. Для управление логикой работы экрана необходимо использовать дополнительный код на языке Java или Kotlin. Аналогом виртуального DOM в XML–верстке на Android можно считать View hierarchy, которая представляет собой иерархию всех пользовательских интерфейсных элементов (View) в XML–файлах [39]. Используя XML для верстки интерфейса на Android, разработчики создают дерево View элементов, которое затем обрабатывается и отображается на экране устройства. При обновлении интерфейса в приложении система Android перестраивает и обновляет View hierarchy по аналогии с тем, как виртуальный DOM обновляет DOM веб-приложений. Таким образом при XML–верстке на Android присутствует механизм автоматического обновления UI–компонентов при изменениях, которые позволяют повторно отобразить интерфейс без необходимости вмешательства разработчика.

XML–верстка хорошо интегрируется в существующий код, позволяя постепенно внедрять новые методы в существующую структуру приложения и сочетаться с другими UI–фреймворками.

Метод не поддерживает горячую перезагрузку, что означает, что для просмотра изменений, внесенных в код во время исполнения, требуется перезапуск приложения.

Jetpack Compose

Jetpack Compose — это современный инструментарий для создания собственного пользовательского интерфейса Android [40].

Как декларативный инструментарий пользовательского интерфейса, Jetpack Compose хорошо подходит для разработки и реализации макетов, которые настраиваются для отображения контента по–разному в различных размерах [41].

Jetpack Compose позволяет поэтапно внедрять свой метод создания UI в существующий код приложения, постепенно заменяя старые View–based ком-

поненты новыми Compose–компонентами [41]. Также возможна параллельная работа с другими UI–фреймворками.

С помощью Compose можно создать свой пользовательский интерфейс, определив набор составных функций, которые принимают данные и генерируют элементы. В модели компоновки дерево пользовательского интерфейса создается за один проход. Сначала каждому узлу предлагается измерить себя, затем рекурсивно измерить все дочерние узлы, передавая ограничения размера вниз по дереву дочерним узлам. Элементы компонуются в синтаксическое дерево, которое представляет структуру пользовательского интерфейса. Это дерево называется Composable. Composables можно вкладывать друг в друга, создавая сложные пользовательские интерфейсы.

В Jetpack Compose существует аналог виртуального DOM, который называется Recomposition [42]. Recomposition подходит для пересоздания только тех частей пользовательского интерфейса, которые изменились, вместо пересоздания всего UI. Это позволяет эффективно обновлять UI при изменении данных или состояния приложения. Recomposition в Jetpack Compose работает путем сравнения и обновления Composables, которые используются для отображения пользовательского интерфейса. При изменении данных или состояния, Composables, которые зависят от этих изменений, будут пересозданы, а затем сравнены с предыдущими версиями и обновлены на экране.

Одним из недостатков фреймворка Jetpack Compose является отсутствие возможности быстрой перезагрузки кода без перезапуска всего приложения. Отсутствие функции hot reload делает процесс разработки менее удобным по сравнению с другими фреймворками.

1.3.3 Нативная разработка iOS

UIKit

UIKit предоставляет множество функций для создания приложений, включая компоненты, которые можно использовать для создания базовой инфраструктуры приложений для iOS, iPadOS или tvOS [43].

Интерфейс с помощью UIKit можно создавать двумя способами [44]: с использованием Interface Builder — инструмента, позволяющего разработчикам визуально создавать и настраивать пользовательские интерфейсы — посредством редактирования «.storyboard» и «.xib» файлов, которые описывают интерфейс с помощью XML (то есть без написания кода), или с помощью Swift или Objective–C программно, например, с помощью frame [46] или AutoLayout [47]. Interface Builder не всегда предоставляет возможность создавать интерфейсы, адаптируемые ко всем типам устройств, в отличие от второго метода.

UIKit легко интегрируется в существующий код, позволяя постепенно внедрять новые методы и компоненты в уже существующую структуру приложения. Он также хорошо совмещается с другими UI–фреймворками, такими как SwiftUI [45].

В UIKit Apple каждый экран приложения представлен иерархией view — объектов класса UIView или его наследников [48]. После изменения данных модели, UIKit автоматически обновляет и перерисовывает только те части иерархии, которые фактически изменились, минуя объекты, которые остались неизменными. Это позволяет обновлять интерфейс более эффективно.

UIKit не поддерживает горячую перезагрузку, поэтому для отображения изменений, внесенных в код во время исполнения, требуется перекомпиляция и перезапуск приложения. Однако при проектировании интерфейса через Interface Builder появляется возможность визуально создавать элементы экрана.

SwiftUI

SwiftUI — это декларативный и модернизированный фреймворк пользовательского интерфейса Apple, который предоставляет нативный способ создания

интерфейсов для iOS, macOS, watchOS и tvOS [49].

SwiftUI поддерживает адаптивную разметку, что позволяет создавать интерфейсы, которые автоматически адаптируются под разные размеры экранов и ориентации. Можно использовать специальное UI–элеменеты, например, Stack, а также модификаторы для управления распределением элементов интерфейса на различных устройствах и экранах [50].

SwiftUI может постепенно внедряться в существующий код приложения, позволяя создавать новые экраны или переписывать существующие компоненты постепенно. Он также может быть интегрирован с UIKit, что позволяет использовать оба фреймворка в одном приложении, например, для перехода на SwiftUI постепенно [45].

SwiftUI предлагает декларативный подход к проектированию пользовательского интерфейса и автоматически обновляет затронутые части интерфейса при изменении данных. Чтобы обновлять представления при изменении данных, классы модели данных необходимо объявить наблюдаемыми объектами (observable) [52]. Чтобы изменения в данных, получаемые от пользователя, возвращались в модель, элементы управления пользовательского интерфейса связываются со свойствам модели. Управление состоянием является основой для создания эффективных приложений, которые поддерживают актуальность информации для пользователя.

SwiftUI не поддерживает функцию горячей перезагрузки. Однако Xcode — интегрированная среда разработки программного обеспечения для платформ macOS, iOS, iPadOS, watchOS, tvOS — при создании пользовательского приложения с помощью SwiftUI предоставляет возможность отображать предварительный просмотр содержимого представления, которое остается актуальным по мере внесения изменений в код представления. Эта функциональность доступна при использовании в коде специальных макросов [51].

1.4 Результаты анализа

Классификация методов отображения пользовательского интерфейса приведена в таблице 1. Для краткости записи в данной таблице используются следующие обозначения описанных критериев:

— К1 — адаптивность интерфейса;

— К2 — интеграция в существующий код;

— К3 — механизм обработки изменений интерфейса;

— К4 — горячая перезагрузка.

Таблица 1 – Классификация методов отображения пользовательского интерфейса

Класс метода	**Название**	**К1**	**К2**	**К3**	**К4**
Frontend–разработка	React	+	+	+	+
	Vue	+	+	+	+
	Angular	+	+	+	+
Кроссплатформенная мобильная разработка	Flutter	+	+	+	+
	React Native	+	+	+	+
Нативная мобильная разработка Android	Метод с использованием XML	+	+	+	-
	Jetpack Compose	+	+	+	-
Нативная мобильная разработка iOS	UIKit	+	+	+	-
	SwiftUI	+	+	+	-

1.5 Постановка задачи

Этап создания интерфейса является одной из ключевых стадий разработки приложений и веб–сайтов [53], определяющим успех проекта и уровень его

пользовательской привлекательности. Существует множество методов отображения пользовательского интерфейса, предоставляющих различные возможности разработки. По результатам классификации наиболее популярных из них на первый план выходит отсутствие горячей перезагрузки в ряде фреймворков. Данная функция экономит время разработки, обновляя только те элементы интерфейса, которые были изменены, без необходимости перезагрузки всего приложения. Разрабатываемый метод должен предоставлять возможность динамически отображать изменения пользовательского интерфейса.

XML — язык форматирования документов [54], основан на тегах, которые определяют начало и конец элементов данных. Каждый XML—документ начинается с корневого элемента, содержащего все остальные. Элементы могут содержать атрибуты, которые дополняют информацию о содержимом. XML позволяет создавать иерархические структуры данных. Интерфейс должен задаваться посредством написания XML–файла, а разрабатываемый метод должен предоставлять возможность отображать изменения интерфейса на основе обработки этого файла.

Задача формализована с помощью диаграммы IDEF0 уровня A0, представленной на рисунке 1.

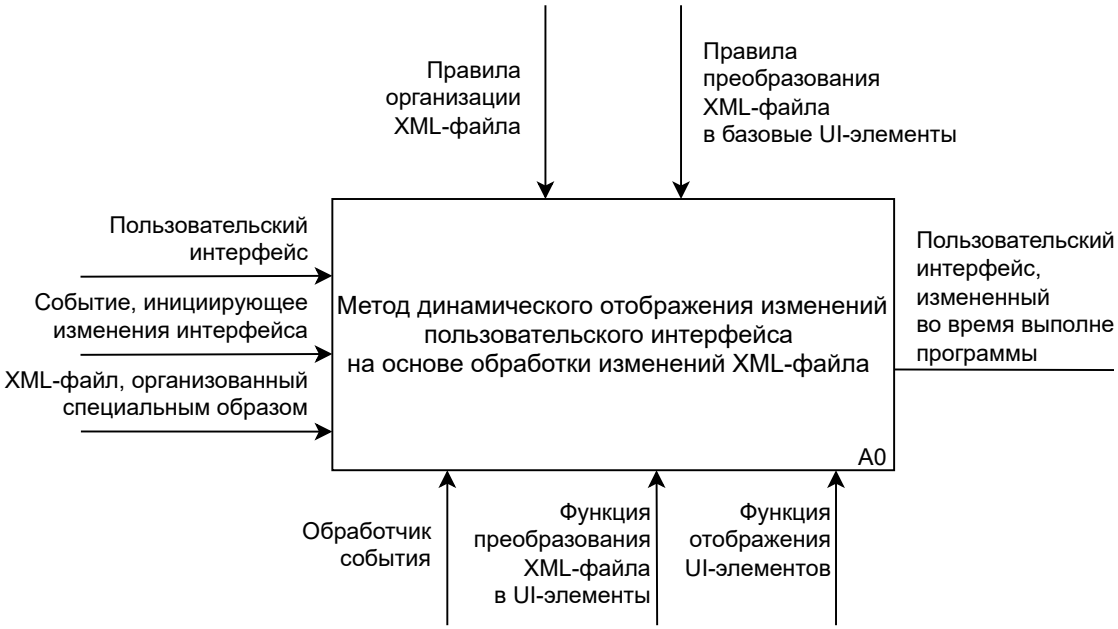


Рисунок 1 – IDEF0 — диаграмма уровня A0

Вывод

В данном разделе были выдвинуты критерии классификации методов отображения пользовательского интерфейса. Проведен краткий обзор существующих методов, а также их классификация согласно выдвинутым критериям сравнения. Была формализована постановка задачи.

2 Конструкторская часть

В данном разделе будут сформулированы требования и ограничения к разрабатываемому методу. Разработан метод динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла. Описаны основные этапы разработки в виде детализированной диаграммы IDEF0 и схем алгоритмов, а также изложены особенности излагаемого метода.

2.1 Требования и ограничения к разрабатываемому методу

К методу динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла предъявляются следующие требования:

1) Обработка события, инициирующего изменения интерфейса во время выполнения.
2) Преобразование XML-файла, организованного определенным образом, в UI-элементы.
3) Размещение UI-элементов на экране.

Также представлено ограничение для разрабатываемого метода: при неправильной организации XML–файла не гарантируется корректное отображение элементов на экране.

2.2 Требования к разрабатываемому программному обеспечению

К разрабатываемому программному обеспечению предъявляются следующие требования:

1) Возможность обработки события, инициирующего изменение интерфейса.
2) Возможность во время выполнения программы изменять интерфейс посредством внесения изменения в XML–файл по срабатыванию обработчика события.
3) Возможность создавать интерфейсы с вложенностью элементов.

4) Возможность создавать интерфейсы с некоторыми базовыми UI–элементами.
5) Возможность оперировать базовыми параметрами UI–элементов.
6) Возможность комбинировать существующие методы создания интерфейса с разрабатываемым.

2.3 Основные этапы разрабатываемого метода

На рисунке 2 представлена диаграмма IDEF0 уровня A1 для разрабатываемого метода.

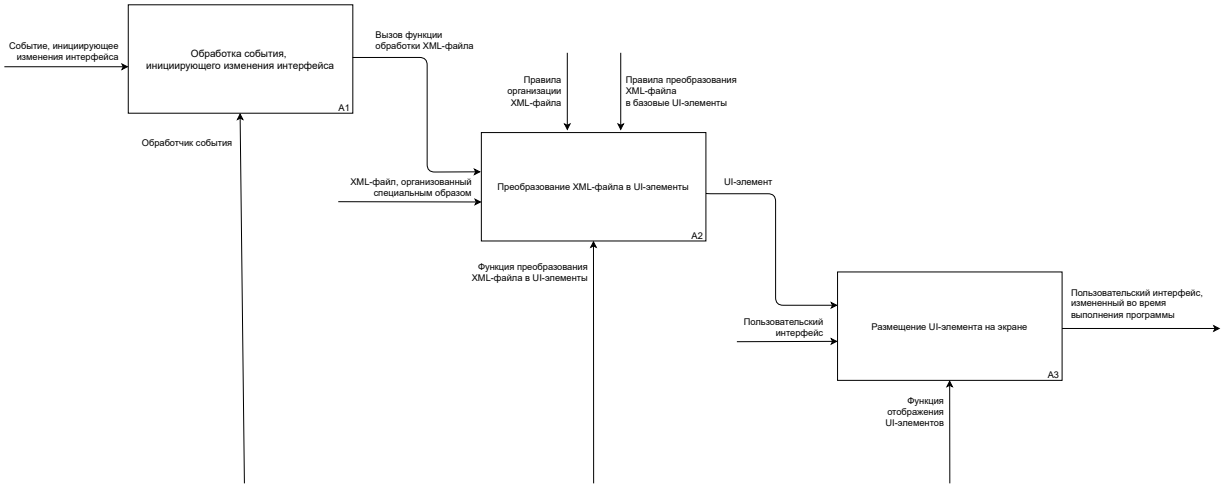


Рисунок 2 – IDEF0 – диаграмма уровня A1

2.4 Схемы алгоритмов

На **первом** этапе необходимо обработать событие, которое станет инициатором изменения интерфейса. Данным событием может стать нажатие определенного сочетания клавиш. Каждый проектируемый экран приложения должен быть связан с конкретным XML–файлом и заранее внесен в список наблюдаемых объектов. По свершении события происходит вызов функции обработки

XML–файла для каждого такого экрана.

На **втором** этапе происходит обработка XML–файла. Для этого файл должен быть организован определенным образом, чтобы в дальнейшем функция обработки корректно распознавала UI–элементы, являющиеся базовыми для платформы: первый тег XML–файла содержит в себе название базового элемента и все его необходимые свойства и их значения (название свойства и значение разделяет знак равенства «=», значение заключается в кавычки «“”»), второй тег содержит название базового элемента. Для создания вложенности элементов среди свойств элемента–родителя необходимо указать теги дочернего элемента. Разметка для дочернего элемента в данном случае задается по правилам, аналогичным правилам создания родительского элемента.

Например, чтобы в нативной разработке iOS получить UILabel, занимающий 100% площади экрана и содержащий слово «Hello», расположенное по левому краю, необходимо добавить в XML–файл разметку, представленную в листинге 1.

Листинг 1 – Разметка XML–файла для UILabel

```
<UILabel
    width="100%"
    height="100%"
    textAlignment="left"
    text="Hello">
</UILabel>
```

В рамках данного этапа происходит получение содержимого XML–файла, разделение файла на строки для получения списка его компонентов. Далее происходит создание корневого представления, на котором будут размещены все элементы, полученные в ходе обработки компонентов XML–файла. После чего корневое представление и компоненты передаются в функцию преобразование элементов XML–разметки в UI–элементы. Для корректной работы функции необходимо иметь список всех базовых UI–элементов, с которыми предполага-

ется взаимодействие метода, а также список свойств и атрибутов для каждого элемента. Алгоритмы работы функций представлены на рисунках 3 — 4.

Для второго этапа входным параметром XML–файл, организованный специальным образом, выходным — UI-элемент, включающий все представления, описанные в XML–файле.

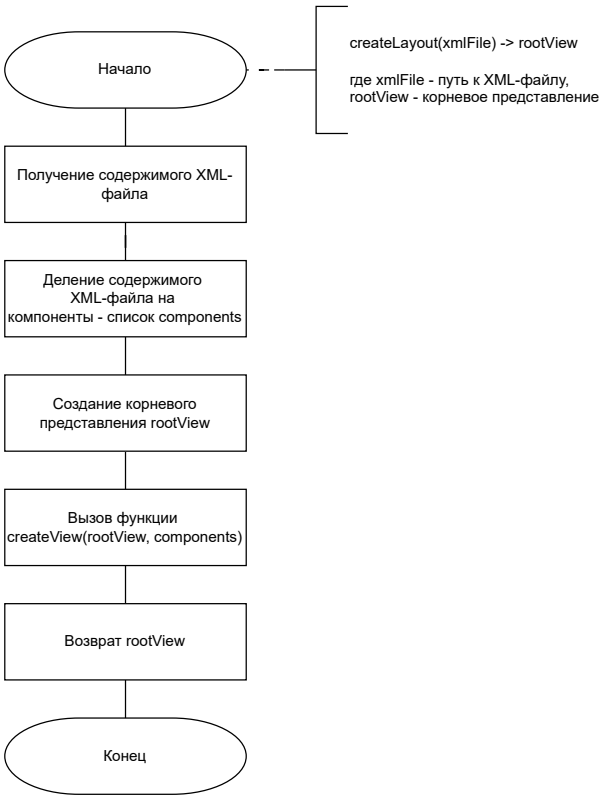


Рисунок 3 – Алгоритм функции создания представления, содержащего описанные в XML–файле элементы

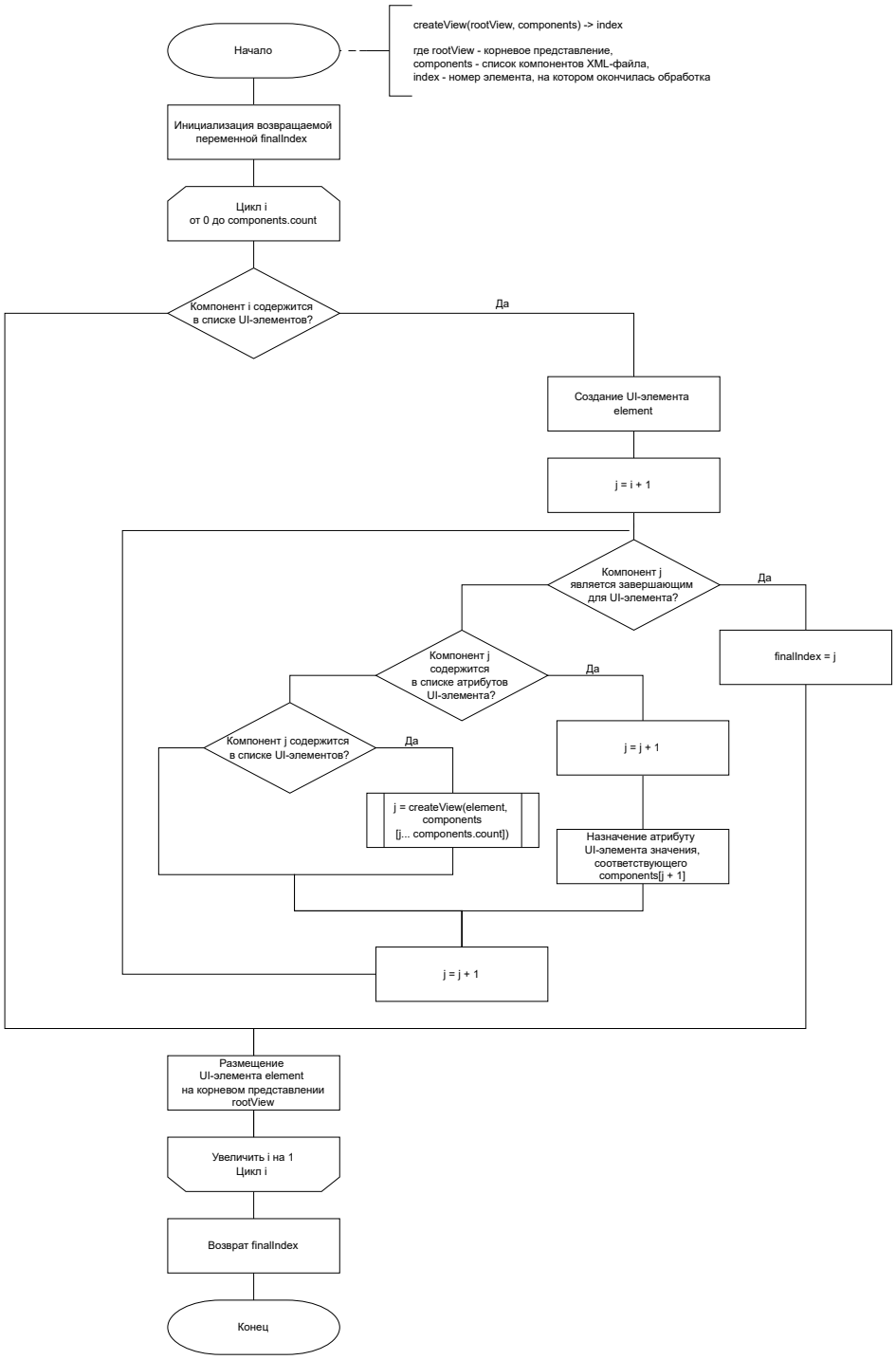


Рисунок 4 – Алгоритм функции создания представлений

На **третьем** этапе происходит размещение полученного UI–элемента на экране. Для корректного отображения обновлений данный этап должен быть

включен в жизненный цикл корневого представления экрана.

Вывод

В данном разделе были сформулированы требования и ограничения к разрабатываемому методу. Разработан метод динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла. Описаны основные этапы разработки в виде детализированной диаграммы IDEF0 и схем алгоритмов, а также изложены особенности разработанного метода.

3 Технологическая часть

В данном разделе будет обоснован выбор средств программной реализации предлагаемого метода, описан формат входных и выходных данных. Разработано программное обеспечение, реализующее представленный метод, приведен пример работы программы, выполнено тестирование, а также описан способ обращения к программе.

3.1 Выбор средств разработки

3.1.1 Выбор платформы

По результатам анализа только исследуемые методы отображения интерфейса нативной мобильной разработки не обладают функцией горячей перезагрузки. В связи с чем в качестве платформы разработки для реализации предлагаемого метода выбрана операционная система iOS.

3.1.2 Выбор языка программирования

Выбран язык Swift [55], поскольку он является основным используемым в нативной разработке iOS.

3.1.3 Выбор среды разработки и сборка программного обеспечения

Среда разработки — XCode [56], поскольку является интегрированной средой разработки программного обеспечения для платформ macOS, iOS, watchOS и tvOS, разработанной корпорацией Apple, а также предоставляет возможность запуска разрабатываемого программного обеспечения на симуляторах устройств [57]. Используется версия XCode 15.3, являющаяся актуальной на момент написания дипломной работы. Запуск разрабатываемого программного обеспечения происходит на симуляторе устройства iPhone 15 Pro Max, версия iOS — 17.4 (также является актуальной на момент написания дипломной работы).

3.1.4 Используемые расширения

Для создания представлений используется библиотека UIKit, содержащая полный набор базовых UI–элементов, а также механизмы размещения их на экране.

3.2 Формат входных и выходных данных

Входные данные для разрабатываемого метода:

— пользовательский интерфейс;

— событие, инициализирующее изменения интерфейса;

— XML–файл, организованный специальным образом.

Выходные данные для разрабатываемого метода:

— пользовательский интерфейс, измененный во время выполнения программы.

3.3 Способ обращения к программе

Разработанная реализация метода представляет собой класс. Для использования методов класса необходимо разместить файлы с кодом разработанного метода рядом с файлами программы. Для корректной работы приложения необходимо, чтобы каждый UIViewController, интерфейс которого будет реализован с помощью разработанного метода, был унаследован от класса, описанного в листинге 2.

Листинг 2 – Класс, от которого наследуется UIViewController

```
1
2 class LayoutInTimeViewController: UIViewController {
3     let fileManager = FileManager.default
4     let layoutInTime = LayoutInTime()
5     var filePath: String?
6
7     func reload() {
8         clearView(self.view)
9         layoutInTime.createLayout(rootView: self.view, from: xmlString)
10    }
11
12    private func clearView(_ view: UIView) {
13        for subview in view.subviews {
14            subview.removeFromSuperview()
15        }
16    }
17 }
```

Для обновления интерфейса необходимо вызвать метод reload в методе жизненного цикла ViewDidLoad.

Также необходимо, чтобы UIViewController был внесен в список наблюдаемых объектов. Для этого необходимо добавить в метод жизненного цикла ViewDidLoad строку, представленную в листинге 3.

Листинг 3 – Внесение UIViewController в список наблюдаемых объектов

```
ReloadManager.addObserver(self)
```

Далее часть интерфейса или полностью весь интерфейс может быть спроектирован путем создания разметки XML–файла, связанного с UIViewController.

3.3.1 Пример работы

В качестве примера работы программного обеспечения был спроектирован интерфейс, содержащий фоновое представление белого цвета, на котором по центру располагается UILabel с текстом «Привет!». Скриншот представлен на рисунке 5.

Рисунок 5 – Интерфейс до внесения изменений

Данному интерфейсу соответствует разметка XML–файла, представлен-

ная в листинге 4.

Листинг 4 – Разметка XML–файла после внесения изменений

```
<UIView
    width="100%"
    height="100%"
    backgroundColor="white">
    <UILabel
        width="100%"
        height="50"
        topAnchor="400"
        leftAnchor="0"
        text="Привет!"
        textAlignment="center">
    </UILabel>
</UIView>
```

Во время работы приложения в XML–файл вносятся изменения: на фоновое представление под UILabel добавляется UIView красного цвета, содержащая UILabel с текстом «Hello!». Соответствующая разметка XML–файла представлена в листинге 5.

Листинг 5 – Разметка XML–файла до внесения изменений

```
<UIView
    width="100%"
    height="100%"
    backgroundColor="white">
    <UILabel
        width="100%"
        height="50"
        topAnchor="400"
        leftAnchor="0"
        text="Привет!"
        textAlignment="center">
    </UILabel>
    <UIView
        leftAnchor="150"
        rightAnchor="-150"
        height="60"
```

```
17          topAnchor="450"
18          backgroundColor="red">
19          <UILabel
20              leftAnchor="0"
21              rightAnchor="0"
22              bottomAnchor="0"
23              topAnchor="0"
24              text="Hello!"
25              textAlignment="center">
26          </UILabel>
27      </UIView>
28  </UIView>
```

По нажатию на сочетание клавиш CMD + t ноутбука, на котором запущено программное обеспечение, происходит обновление интерфейса. Обновленная версия представлена на рисунке 6.

Рисунок 6 – Интерфейс после внесения изменений

3.3.2 Тестирование

Разработанное программное обеспечение должно гарантировать корректное отображение задаваемых UI–элементов. Для этого было проведено snapshot–

тестирование, в рамках которого эталонные скриншоты экрана сравниваются с актуальным скриншотами, которые получаются во время прогона тестов. В качестве эталонных скриншотов используются представления, сверстанные с помощью фреймворка UIKit. Для выполнения тестирования была использована библиотека SnapshotTesting, предоставляющая весь необходимый для создания snapshot–тестов функционал.

В таблицах 2 — 5 представлен набор тестов, а также результат их выполнения. Каждый тест предполагает наличие фонового UIView белого цвета.

Вывод

В данном разделе был обоснован выбор средств программной реализации предлагаемого метода, описан формат входных и выходных данных. Разработано программное обеспечение, реализующее представленный метод, приведен пример работы программы, выполнено тестирование, а также описан способ обращения к программе.

Таблица 2 – Результаты snapshot–тестирования

№	**Описание теста**	**Результат**
1	UIView черного цвета, занимает верхнюю половину экрана	Тест пройден успешно
2	UIView красного цвета, занимает нижнюю половину экрана	Тест пройден успешно
3	UIView синего цвета, занимает левую половину экрана	Тест пройден успешно
4	UIView оранжевого цвета, занимает правую половину экрана	Тест пройден успешно
5	UIView фиолетового цвета, ширина 20, высота 20, левая граница — левая граница экрана, верхняя граница — верхняя граница экрана	Тест пройден успешно
6	UIView зеленого цвета, ширина 20, высота 20, правая граница — правая граница экрана, верхняя граница — верхняя граница экрана	Тест пройден успешно
7	UIView серого цвета, занимает верхнюю половину экрана + UIView розового цвета, занимает нижнюю половину экрана	Тест пройден успешно
8	UIView серого цвета, занимает левую половину экрана + UIView розового цвета, занимает правую половину экрана	Тест пройден успешно
9	UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», отступ 100 от верхней границы экрана, отступ 100 от правой границы экрана, ширина и высота 100	Тест пройден успешно

Таблица 3 – Результаты snapshot–тестирования — продолжение

№	Описание теста	Результат
10	UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по правому краю, отступ 100 от верхней границы экрана, отступ 100 от правой границы экрана, ширина и высота 100	Тест пройден успешно
11	UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по левому краю, отступ 100 от верхней границы экрана, отступ 100 от правой границы экрана, ширина и высота 100	Тест пройден успешно
13	UIView оранжевого цвета, занимает правую половину экрана + дочерний UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по правому краю, отступ 100 от верхней границы UIView, отступ 100 от правой границы UIView, ширина и высота 100	Тест пройден успешно
14	UIView оранжевого цвета, занимает правую половину экрана + дочерний UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по правому краю, отступ -100 от нижней границы UIView, отступ 100 от левой границы UIView, ширина и высота 100	Тест пройден успешно

Таблица 4 – Результаты snapshot–тестирования — продолжение

№	Описание теста	Результат
15	UIView оранжевого цвета, занимает правую половину экрана + дочерний UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по правому краю, отступ 100 от нижней границы UIView, отступ 100 от левой границы UIView, ширина и высота 100	Тест пройден успешно
16	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, 50% экрана + дочерний UIView коричневого цвета, 25% экрана	Тест пройден успешно
17	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, 50% экрана + дочерний UIView коричневого цвета, 25% + дочерний UIView синего цвета, 12% экрана	Тест пройден успешно
18	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, 50% экрана + дочерний UIView коричневого цвета, 25% + дочерний UIView синего цвета, 12% экрана + дочерний UIView оранжевого цвета, 6% экрана	Тест пройден успешно
19	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, отступ 100 от правой границы родителя, ширина и высота 100 и второй дочерний UIView коричневого цвета, отступ -100 от левой границы родителя, ширина и высота 100	Тест пройден успешно

Таблица 5 – Результаты snapshot–тестирования — продолжение

№	Описание теста	Результат
20	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, отступ 100 от правой границы родителя, ширина и высота 50, второй дочерний UIView коричневого цвета, отступ -100 от левой границы родителя, ширина и высота 50, третий дочерний UIView зеленого цвета, отступ 10 от верхний границы родителя, ширина и высота 50	Тест пройден успешно
21	UIView красного цвета, 75% экрана + дочерний UIView зеленого цвета, отступ 100 от правой границы родителя, ширина и высота 50, второй дочерний UIView коричневого цвета, отступ -100 от левой границы родителя, ширина и высота 50, третий дочерний UIView зеленого цвета, отступ 10 от верхний границы родителя, ширина и высота 50 + дочерний UILabel, цвет фона — красный, текст — «Привет», выравнивание текста по правому краю, отступ 10 от верхней границы родителя	Тест пройден успешно

4 Исследовательская часть

В данном разделе будет проведено исследование эффективности реализованного метода путем сравнения скорости внесения изменений в интерфейс с существующей реализацией.

4.1 Технические характеристики

Технические характеристики машины, на которой производились исследования:

— операционная система: macOS Sonoma 14.2.1;
— оперативная память: 16 Гб;
— процессор: Apple M1 Pro;
— количество ядер: 8.

4.2 Постановка исследования

В рамках исследования была оценена эффективность реализованного метода путем сравнения скорости внесения изменений в интерфейс с существующими реализациями. В качестве уже существующего метода отображения пользовательского интерфейса в нативной разработке iOS выбран фреймворк UIKit, не предоставляющий возможности горячей перезагрузки.

Для исследования работоспособности созданного программного обеспечения и оценки времени применения изменений UI были выбраны пять вариантов интерфейса:

— интерфейс, содержащий фоновое представление UIView;
— интерфейс, содержащий фоновое представление UIView, а также три дочерних вложенных представления UIView;
— интерфейс, содержащий фоновое представление UIView, а также шесть дочерних вложенных представлений UIView;
— интерфейс, содержащий фоновое представление UIView, а также девять дочерних вложенных представлений UIView;
— интерфейс, содержащий фоновое представление UIView, а также тринна-

дцать дочерних вложенных представлений UIView;

Данные варианты интерфейса спроектированы с применением UIKit и с использованием разработанного программного обеспечения.

Исследование предполагает построение первого варианта интерфейса с использованием UIKit, и с использованием разработанного программного обеспечения. Далее происходит внесение изменений, преобразующих интерфейс к следующему варианту. Итерация продолжается, пока не будет спроектирован последний вариант интерфейса. Расчитывается время, за которое интерфейс перейдет из первоначального состояния в измененное.

4.3 Средства расчета времени

Для расчета времени, которое необходимо для внесения изменений в интерфейс с использованием фреймворка UIKit, требуется вычислить время компиляции приложения и время его сборки на симуляторе устройства. При каждой сборке приложения среда XCode сохраняет отчеты о ее результатах. Для более наглядного представления данных, содержащихся внутри отчета, используется утилита XCLogParser [58].

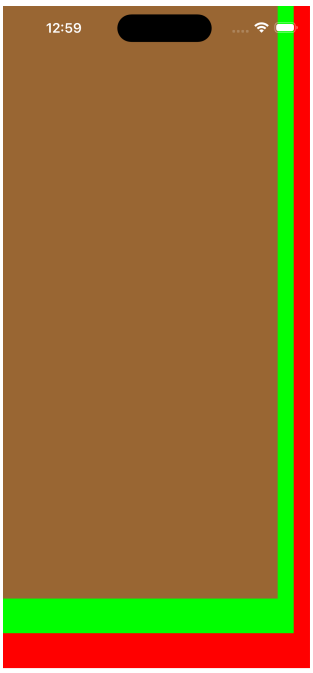
Для расчета времени, которое необходимо для внесения изменений в интерфейс с использованием разработанного метода, была написана функция замера времени. Функция использует методы, предоставляемые CoreFoundation [59] — фреймворком от Apple для замера процессорного времени.

Для точности результатов замеры производились 50 раз, результат усреднялся.

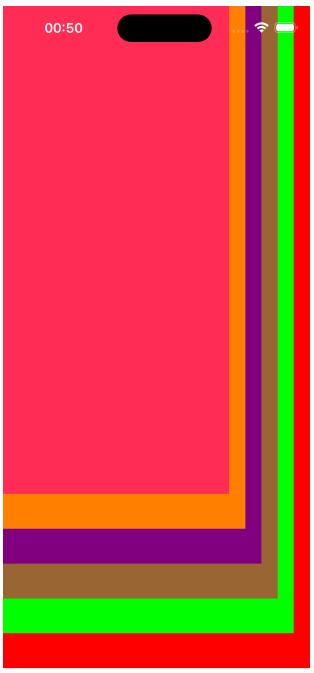
4.4 Результаты исследования

Спроектированные варианты интерфейса представлены на рисунке 7.

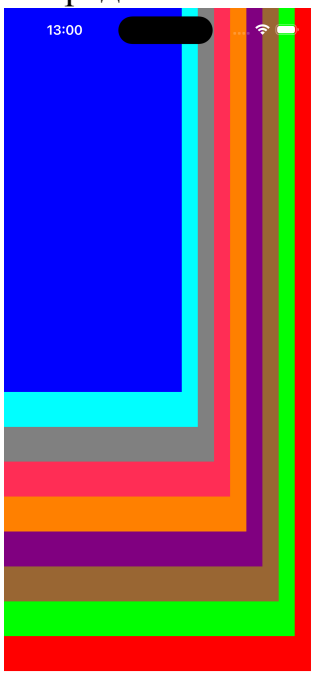
Без дочерних вложенных представлений



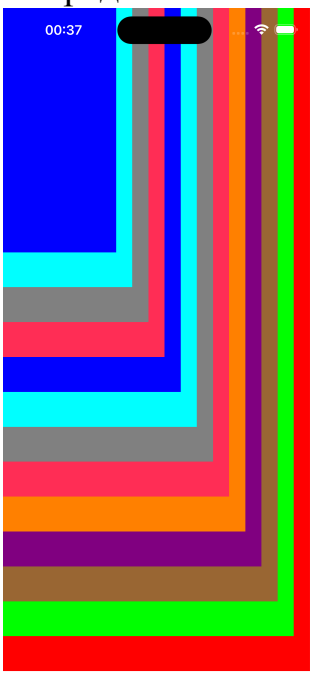
3 дочерних вложенных представления



6 дочерних вложенных представлений



9 дочерних вложенных представлений



13 дочерних вложенных представлений

Рисунок 7 – Модификации интерфейса

Результаты замеров времени для каждого из вариантов интерфейса (количество дочерних вложенных элементов: 0, 3, 6, 9, 13) с использованием двух методов представлены в таблице 6. Результаты представлены в секундах.

Таблица 6 – Сравнение времени внесения изменений в интерфейс с использованием существующего и разработанного методов

	Количество дочерних представлений				
	0	**3**	**6**	**9**	**13**
UIKit	2.81	2.82	2.84	2.89	2.92
Разработанный метод	0.0012	0.0018	0.0022	0.0054	0.0083

На рисунках 8—9 представлены графики зависимости сложности интерфейса от времени внесения изменений для фреймворка UIKit и разработанного метода.

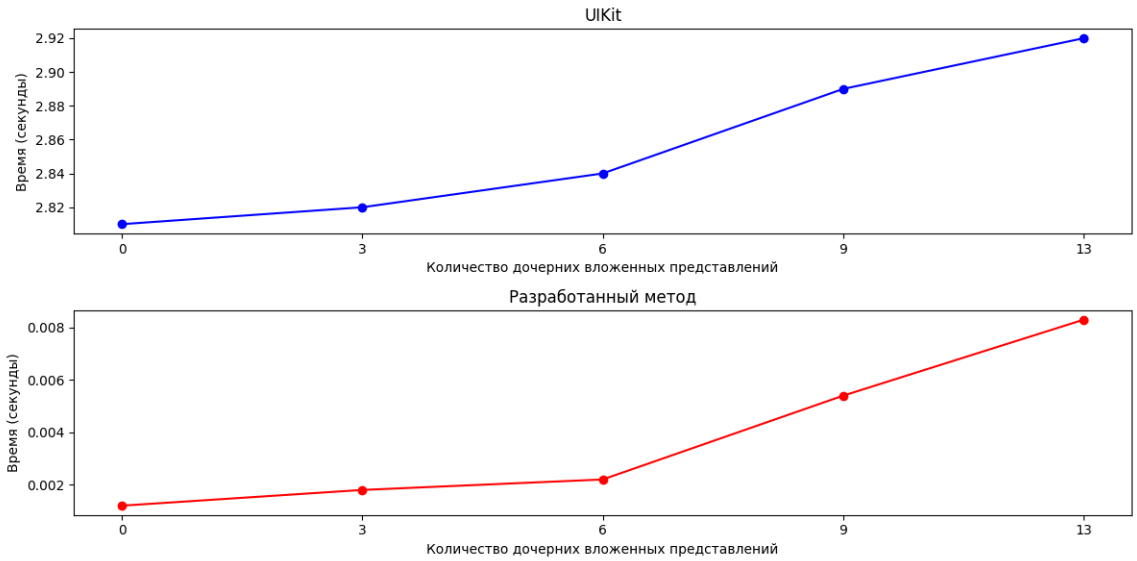


Рисунок 8 – Графики зависимости сложности интерфейса от времени внесения изменений для двух методов

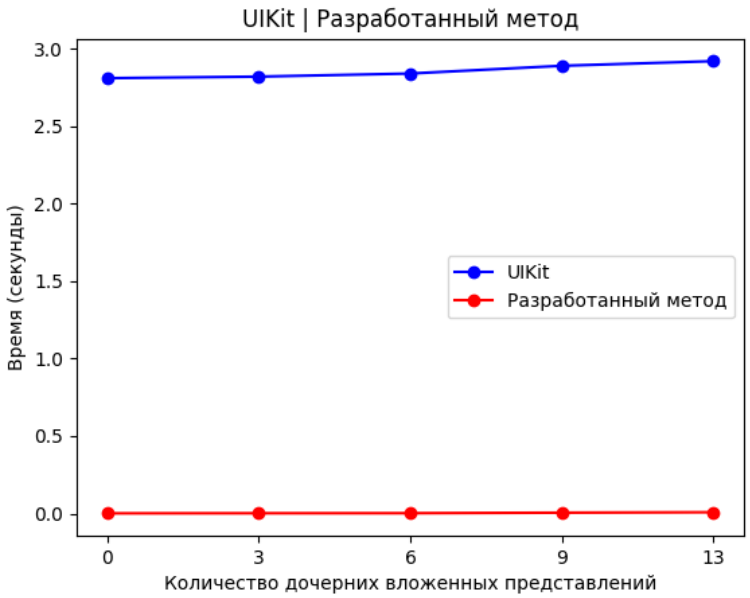


Рисунок 9 – График зависимости сложности интерфейса от времени внесения изменений для двух методов

Вывод

В данном разделе было проведено исследование эффективности реализованного метода путем сравнения скорости внесения изменений в интерфейс с существующей реализацией.

В результате исследования было установлено, что при увеличении количества дочерних вложенных представлений время применения изменения интерфейса растет линейно для обоих методов. Однако, в отличие от фреймворка UIKit, разработанное программное обеспечение предоставляет возможность горячей перезагрузки. Это означает, что изменения в интерфейс вносят во время выполнения программы без ее перезапуска. В силу чего при одинаковом объеме вносимых изменений разработанный метод позволяет применить изменения быстрее в среднем в полторы тысячи раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы был разрабон метода динамического отображения изменений пользовательского интерфейса на основе обработки изменений XML–файла.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

— выявлены критерии, по которым можно классифицировать методы отображения пользовательского интерфейса;
— рассмотрены и классифицированы согласно выдвинутым критериям существующие методы отображения интерфейса;
— разработан метод динамического отображения изменений интерфейса на основе обработки изменений XML–файла;
— разработано программное обеспечение, реализующее представленный метод;
— произведено сравнение скорости внесения изменений в интерфейс для разработанной и существующей реализаций.

В силу отсутствия функции горячей перезагрузки в нативной мобильной разработке, программное обеспечение, реализующее представленный метод, было разработано для создания интерфейсов на платформе iOS. ПО предоставляет возможности для создания интерфейсов с базовыми UI–элементами, а также внесения изменений в UI во время выполнения программы.

В результате исследования было установлено, что разработанный метод позволяет коллосально сократить время разработки за счет возможности внесения изменения в интерфейс во время выполнения приложения. Время, затрачиваемое на проектирование интерфейса с применением разработанного метода, в полторы тысячи раз меньше, нежели время, затрачиваемое при использовании существующего метода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. API | computer programming - Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/API, свободный – (04.04.2024)

2. HTML | computer science - Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/HTML, свободный – (04.04.2024)

3. CSS | programming language - Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/CSS, свободный – (04.04.2024)

4. CSS | programming language - Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/JavaScript, свободный – (04.04.2024)

5. Modern Web Frameworks: A Comparison of Rendering Performance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/10243623, свободный – (04.04.2024)

6. GitHub - GitHub [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/, свободный – (04.04.2024)

7. Facebook React | The library for web and native user interfaces - GitHub [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/facebook/react, свободный – (04.04.2024)

8. Vue.js is a progressive, incrementally-adoptable JavaScript framework for building UI on the web. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/vuejs/vue, свободный – (04.04.2024)

9. Angular | Deliver web apps with confidence [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/angular/angular, свободный – (04.04.2024)

10. React - React [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://react.dev/, свободный – (04.04.2024)

11. Difference between Virtual DOM and Real DOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-virtual-dom-and-real-dom/, свободный – (06.04.2024)

12. Introdution to React - Cory Gackenheimer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pepa.holla.cz/wp-content/uploads/2016/12/Introduction-to-React.pdf, свободный – (06.04.2024)

13. Введение в JSX | Документация React [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.react.js.org/docs/getting-started.html, свободный – (06.04.2024)

14. Hot Module Replacement | webpack [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webpack.js.org/concepts/hot-module-replacement/, свободный – (06.04.2024)

15. Introduction — Vue.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://v2.vuejs.org/v2/guide/, свободный – (08.04.2024)

16. Rendering Mechanism | Vue.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuejs.org/guide/extras/rendering-mechanism.html, свободный – (08.04.2024)

17. Reactivity in Depth | Vue.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuejs.org/guide/extras/reactivity-in-depth.html, свободный – (08.04.2024)

18. Home | Vue CLI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cli.vuejs.org/, свободный – (08.04.2024)

19. What is Angular? | Angular [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://angular.dev/overview, свободный – (08.04.2024)

20. Composing with Components | Angular [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://angular.dev/essentials/components, свободный – (08.04.2024)

21. React и альтернативы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doka.guide/js/react-and-alternatives, свободный – (08.04.2024)

22. Using Hot Module Replacement in Angular 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dev.to/iamscottcab/using-hot-module-replacement-in-angular-11-mji, свободный – (08.04.2024)

23. Angular | ChangeDetectionStrategy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://angular.io/api/core/ChangeDetectionStrategy, свободный – (08.04.2024)

24. Mobile Operating System Market Share Worldwide | Statcounter Global Stats[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://angular.io/api/core/ChangeDetectionStrategy, свободный – (08.04.2024)

25. Android | operating system [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/Android-operating-system, свободный – (08.04.2024)

26. iOS | operating system [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/topic/iOS, свободный – (08.04.2024)

27. КРОССПЛАТФОРМЕННЫЕ И НАТИВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ: СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ РАЗРАБОТКИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_37249658_47344949.pdf, свободный – (08.04.2024)

28. Cross-platform mobile frameworks used by software developers worldwide from 2019 to 2022 | Statista [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.statista.com/statistics/869224/worldwide-software-developer-working-hours/, свободный – (08.04.2024)

29. Flutter | Google for Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developers.google.com/learn/topics/flutter, свободный – (10.04.2024)

30. Add to App | Flutter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.flutter.dev/add-to-app, свободный – (10.04.2024)

31. UI | Flutter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.flutter.dev/ui, свободный – (10.04.2024)

32. Hot Reload | Flutter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.flutter.dev/tools/hot-reload, свободный – (10.04.2024)

33. Core Components and Native Components | React Native [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reactnative.dev/docs/intro-react-native-components, свободный – (10.04.2024)

34. Introduction | React Native [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reactnative.dev/, свободный – (10.04.2024)

35. Integration with Existing Apps | React Native [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reactnative.dev/docs/integration-with-existing-apps, свободный – (10.04.2024)

36. Render, Commit, and Mount | React Native [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reactnative.dev/architecture/render-pipeline, свободный – (10.04.2024)

37. Yoga [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.yogalayout.dev/, свободный – (10.04.2024)

38. ЭРГОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРФЕЙСА В ANDROID ПРИЛОЖЕНИИ | ГОРЯЧКИН Б.С., БОГДАНОВ

Д.А., ЩИПИЦИНА К.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_54192562_90507485.pdf, свободный – (13.04.2024)

39. Performance and view hierarchies | App quality | Android Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/topic/performance/rendering/optimizing-view-hierarchies, свободный – (13.04.2024)

40. Get started with Jetpack Compose | Android Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/develop/ui/compose/documentation свободный – (11.04.2024)

41. Build adaptive layouts | Jetpack Compose | Android Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/develop/ui/compose/layouts/adaptive, свободный – (11.04.2024)

42. Lifecycle of composables | Jetpack Compose | Android Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/develop/ui/compose/lifecycle, свободный – (11.04.2024)

43. UIKit | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/uikit, свободный – (13.04.2024)

44. СРАВНЕНИЕ ФРЕЙМВОРКОВ SWIFTUI И UIKIT | З.Ш. Абдураманов, Е.И. Гладунов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_50141484_62298715.pdf, свободный – (13.04.2024)

45. UIKit integration | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/swiftui/uikit-integration, свободный – (13.04.2024)

46. Frame | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/uikit/ uiview/1622621-frame, свободный – (13.04.2024)

47. AutoLayoutGuide:UnderstandingAutoLayout [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/library/archive/documentation/UserExperience/Conceptual/AutolayoutPG/, свободный – (13.04.2024)

48. UIView | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/uikit/uiview, свободный – (13.04.2024)

49. SwiftUI | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/swiftui/, свободный – (13.04.2024)

50. Layout fundamentals | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/swiftui/layout-fundamentals, свободный – (13.04.2024)

51. Previews in Xcode | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/swiftui/previews-in-xcode, свободный – (13.04.2024)

52. ObservedObject | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/swiftui/observedobject, свободный – (13.04.2024)

53. website | computer science - Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/website, свободный – (04.04.2024)

54. XML | computer language [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.britannica.com/technology/XML, свободный – (14.04.2024)

55. Swift | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/swift/, свободный – (01.05.2024)

56. XCode | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/xcode/, свободный – (01.05.2024)

57. Running your app in Simulator | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/xcode/running-your-app-in-simulator-or-on-a-device, свободный – (01.05.2024)

58. XCLogParser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/MobileNativeFoundation/XCLogParserreporters, свободный – (01.05.2024)

59. Core Foundation | Apple Developer Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/documentation/corefoundation, свободный – (01.05.2024)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинг 6 – Класс, обеспечивающий перезагрузку во время выполнения

```
1
2  class ReloadManager {
3      private static var observersWeak = [ObserverWeak]()
4
5      private struct ObserverWeak {
6          weak var observer: LayoutInTimeViewController?
7      }
8
9      static var observers: [LayoutInTimeViewController] {
10         return observersWeak.compactMap { $0.observer }
11     }
12
13     static func addObserver(_ observer: LayoutInTimeViewController) {
14         var alreadyRegistered = false
15         observersWeak = observersWeak.filter {
16             guard let o = $0.observer else { return false }
17             if o === observer { alreadyRegistered = true }
18             return true
19         }
20         if alreadyRegistered {
21             return
22         }
23         observersWeak.append(ObserverWeak(observer: observer))
24
25         #if arch(arm64) || arch(x86_64)
26
27             if !UIResponder.handlerInstalled {
28                 overrideMethod(#selector(getter: UIResponder.keyCommands),
29                                of: UIResponder.self,
30                                with: #selector(UIResponder.
    layoutItTimeKeyCommands)
31                 )
32                 UIResponder.handlerInstalled = true
33             }
34
35         #endif
```

```
    }

    static func reload() {
        for observer in observers {
            observer.reload()
        }
    }
}
```

Листинг 7 – Функция определения списка событий, по свершению которых происходит перезагрузка

```
#if arch(arm64) || arch(x86_64)
    private extension UIResponder {
        static var handlerInstalled = false

        @objc func layoutItTimeKeyCommands() -> [UIKeyCommand]? {

            return (layoutItTimeKeyCommands() ?? []) + [
                UIKeyCommand(
                    input: "t",
                    modifierFlags: .command,
                    action: #selector(reloadInTime)
                ),
            ]
        }

        @objc private func reloadInTime() {
            ReloadManager.reload()
        }
    }
#endif
```

Листинг 8 – Класс, обеспечивающий перезагрузку по время выполнения

```
func overrideMethod(_ selectorA: Selector, of sourceClass: AnyClass, with
    selectorB: Selector) {
    let newMethod = class_getInstanceMethod(sourceClass, selectorB)!
    let oldMethod = class_getInstanceMethod(sourceClass, selectorA)!
    let inheritedImplementation = class_getInstanceMethod(class_getSuperclass
    (sourceClass), selectorA)
```

```
        .map(method_getImplementation)
    if method_getImplementation(oldMethod) == inheritedImplementation {
        let types = method_getTypeEncoding(oldMethod)
        class_addMethod(sourceClass, selectorA, method_getImplementation(
    newMethod), types)
        return
    }
    method_exchangeImplementations(oldMethod, newMethod)
}
```

Листинг 9 – Внесение UIViewController в список наблюдаемых объектов

```
ReloadManager.addObserver(self)
```

Листинг 10 – Перечисления и структуры, определяющие список базовых UI–элементов, их свойства и атрибуты

```
enum ComponentType {
    case uiView
    case uiLabel
    case uiButton

    var startTag: String {
        switch self {
        case .uiView:
            return "UIView"
        case .uiLabel:
            return "UILabel"
        case .uiButton:
            return "UIButton"
        }
    }

    var endTag: String {
        switch self {
        case .uiView:
            return "/UIView"
        case .uiLabel:
            return "/UILabel"
        case .uiButton:
            return "/UIButton"
```

```
25          }
26      }
27  }
28
29  struct Anchors {
30      public var topAnchorConstant: CGFloat?
31      public var bottomAnchorConstant: CGFloat?
32      public var leftAnchorConstant: CGFloat?
33      public var rightAnchorConstant: CGFloat?
34      public var height: CGFloat?
35      public var width: CGFloat?
36  }
37
38  enum ComponentPropertyType {
39      case width
40      case height
41      case topAnchor
42      case bottomAnchor
43      case leftAnchor
44      case rightAnchor
45      case backgroundColor
46      case textAlignment
47      case text
48
49      var value: String {
50          switch self {
51          case .width:
52              "width"
53          case .height:
54              "height"
55          case .topAnchor:
56              "topAnchor"
57          case .bottomAnchor:
58              "bottomAnchor"
59          case .leftAnchor:
60              "leftAnchor"
61          case .rightAnchor:
62              "rightAnchor"
63          case .backgroundColor:
64              "backgroundColor"
```

```
65          case .textAlignment:
66              "textAlignment"
67          case .text:
68              "text"
69          }
70      }
71  }
```

Листинг 11 – Функция определения списка событий, по свершению которых происходит перезагрузка

```
1  class LayoutInTime {
2      public func createLayout(rootView: UIView, from xml: String) {
3          guard let clearContent = parseXMLElements(xmlContent: xml) else {
4              return
5          }
6          let separatedClearContent = clearContent.components(separatedBy: "\n"
       )
7          let joinedClearContent = separatedClearContent.joined(separator: "=")
8          let components = joinedClearContent.components(separatedBy: "=")
9
10         print(components)
11         _ = createView(rootView: rootView, from: components)
12     }
13
14     private func createView(rootView: UIView, from components: [String]) ->
       Int {
15         var i = 0
16         var finalTagIndex = 0
17         while i < components.count {
18             switch components[i] {
19             case ComponentType.uiView.startTag:
20                 var j = i + 1
21                 var uiView = UIView().autolayout()
22                 var anchors = Anchors()
23                 while components[j] != ComponentType.uiView.endTag {
24                     switch components[j] {
25                     case ComponentType.uiView.startTag,
26                         ComponentType.uiLabel.startTag,
27                         ComponentType.uiButton.startTag:
28                         j += createView(rootView: uiView, from: Array(
```

```
components[j..<components.count]))
29
30                  case ComponentPropertyType.width.value:
31                      incrementIndex(index: &j)
32                      anchors.width = setWidthHeight(property: components[j
], isHeight: false)
33                  case ComponentPropertyType.height.value:
34                      incrementIndex(index: &j)
35                      anchors.height = setWidthHeight(property: components[
j], isHeight: true)
36
37                  case ComponentPropertyType.topAnchor.value:
38                      incrementIndex(index: &j)
39                      anchors.topAnchorConstant = Double(components[j]) ??
0.0
40                  case ComponentPropertyType.bottomAnchor.value:
41                      incrementIndex(index: &j)
42                      anchors.bottomAnchorConstant = Double(components[j])
?? 0.0
43                  case ComponentPropertyType.leftAnchor.value:
44                      incrementIndex(index: &j)
45                      anchors.leftAnchorConstant = Double(components[j]) ??
 0.0
46                  case ComponentPropertyType.rightAnchor.value:
47                      incrementIndex(index: &j)
48                      anchors.rightAnchorConstant = Double(components[j])
?? 0.0
49
50                  case ComponentPropertyType.backgroundColor.value:
51                      incrementIndex(index: &j)
52                      uiView = setBackgroundColor(component: uiView,
property: components[j])
53
54                  default:
55                      continue
56                  }
57                  incrementIndex(index: &j)
58              }
59              finalTagIndex = j
60              rootView.addSubview(uiView)
```

```
61                setAnchors(rootView: rootView, childView: uiView, anchors:
    anchors)
62                incrementIndexByIndex(indexI: &i, by: j)
63
64            case ComponentType.uiLabel.startTag:
65                var j = i + 1
66                var uiLabel = UILabel().autolayout()
67                var anchors = Anchors()
68                while components[j] != ComponentType.uiLabel.endTag {
69                    print(components[j])
70                    switch components[j] {
71                    case ComponentType.uiView.startTag,
72                        ComponentType.uiLabel.startTag,
73                        ComponentType.uiButton.startTag:
74                        j += createView(rootView: uiLabel, from: Array(
    components[j..<components.count]))
75
76                    case ComponentPropertyType.width.value:
77                        incrementIndex(index: &j)
78                        anchors.width = setWidthHeight(property: components[j
    ], isHeight: false)
79                    case ComponentPropertyType.height.value:
80                        incrementIndex(index: &j)
81                        anchors.height = setWidthHeight(property: components[
    j], isHeight: true)
82
83                    case ComponentPropertyType.topAnchor.value:
84                        incrementIndex(index: &j)
85                        anchors.topAnchorConstant = Double(components[j]) ??
    0.0
86                    case ComponentPropertyType.bottomAnchor.value:
87                        incrementIndex(index: &j)
88                        anchors.bottomAnchorConstant = Double(components[j])
    ?? 0.0
89                    case ComponentPropertyType.leftAnchor.value:
90                        incrementIndex(index: &j)
91                        anchors.leftAnchorConstant = Double(components[j]) ??
     0.0
92                    case ComponentPropertyType.rightAnchor.value:
93                        incrementIndex(index: &j)
```

```
94                      anchors.rightAnchorConstant = Double(components[j])
    ?? 0.0
95
96                  case ComponentPropertyType.backgroundColor.value:
97                      incrementIndex(index: &j)
98                      uiLabel = setBackgroundColor(component: uiLabel,
    property: components[j]) as! UILabel
99
100                 case ComponentPropertyType.textAlignment.value:
101                     incrementIndex(index: &j)
102                     setTextAligment(component: &uiLabel, property:
    components[j])
103                 case ComponentPropertyType.text.value:
104                     incrementIndex(index: &j)
105                     uiLabel.text = components[j]
106
107                 default:
108                     continue
109                 }
110                 incrementIndex(index: &j)
111             }
112             finalTagIndex = j
113             rootView.addSubview(uiLabel)
114             setAnchors(rootView: rootView, childView: uiLabel, anchors:
    anchors)
115             incrementIndexByIndex(indexI: &i, by: j)
116
117         case ComponentType.uiButton.startTag:
118             var j = i + 1
119             var uiButton = UIButton().autolayout()
120             var anchors = Anchors()
121             while components[j] != ComponentType.uiButton.endTag {
122                 switch components[j] {
123                 case ComponentType.uiView.startTag,
124                     ComponentType.uiLabel.startTag,
125                     ComponentType.uiButton.startTag:
126                     j += createView(rootView: uiButton, from: Array(
    components[j..<components.count]))
127
128                 case ComponentPropertyType.width.value:
```

```
129                         incrementIndex(index: &j)
130                         anchors.width = setWidthHeight(property: components[j
    ], isHeight: false)
131                     case ComponentPropertyType.height.value:
132                         incrementIndex(index: &j)
133                         anchors.height = setWidthHeight(property: components[
    j], isHeight: true)
134 
135                     case ComponentPropertyType.topAnchor.value:
136                         incrementIndex(index: &j)
137                         anchors.topAnchorConstant = Double(components[j]) ??
    0.0
138                     case ComponentPropertyType.bottomAnchor.value:
139                         incrementIndex(index: &j)
140                         anchors.bottomAnchorConstant = Double(components[j])
    ?? 0.0
141                     case ComponentPropertyType.leftAnchor.value:
142                         incrementIndex(index: &j)
143                         anchors.leftAnchorConstant = Double(components[j]) ??
     0.0
144                     case ComponentPropertyType.rightAnchor.value:
145                         incrementIndex(index: &j)
146                         anchors.rightAnchorConstant = Double(components[j])
    ?? 0.0
147 
148                     case ComponentPropertyType.backgroundColor.value:
149                         incrementIndex(index: &j)
150                         uiButton = setBackgroundColor(component: uiButton,
    property: components[j]) as! UIButton
151 
152                     default:
153                         continue
154                     }
155                     incrementIndex(index: &j)
156                 }
157                 finalTagIndex = j
158                 rootView.addSubview(uiButton)
159                 setAnchors(rootView: rootView, childView: uiButton, anchors:
    anchors)
160                 incrementIndexByIndex(indexI: &i, by: j)
```

```
161             default:
162                 incrementIndex(index: &i)
163             }
164         }
165         return finalTagIndex
166     }
167 
168     private func incrementIndex(index: inout Int) {
169         index += 1
170     }
171 
172     private func incrementIndexByIndex(indexI: inout Int, by indexJ: Int) {
173         indexI = indexJ + 1
174     }
175 
176     private func createBaseView() -> UIView {
177         UIView(frame: CGRect(
178             x: 0,
179             y: 0,
180             width: UIScreen.main.bounds.width,
181             height: UIScreen.main.bounds.height)
182         )
183     }
184 }
185 
186 extension LayoutInTime {
187     private func setTextAligment(component: inout UILabel, property: String)
      {
188         switch property {
189         case "left":
190             component.textAlignment = NSTextAlignment(rawValue: 0)!
191         case "center":
192             component.textAlignment = NSTextAlignment(rawValue: 1)!
193         case "right":
194             component.textAlignment = NSTextAlignment(rawValue: 2)!
195         default:
196             break
197         }
198     }
199 
```

```
200     private func setBackgroundColor(component: UIView, property: String) ->
        UIView {
201         switch property {
202         case "white":
203             component.backgroundColor = .white
204         case "black":
205             component.backgroundColor = .black
206         case "green":
207             component.backgroundColor = .green
208         case "red":
209             component.backgroundColor = .red
210         case "blue":
211             component.backgroundColor = .blue
212         case "brown":
213             component.backgroundColor = .brown
214         case "cyan":
215             component.backgroundColor = .cyan
216         case "darkGray":
217             component.backgroundColor = .darkGray
218         case "gray":
219             component.backgroundColor = .gray
220         case "systemPink":
221             component.backgroundColor = .systemPink
222         case "yellow":
223             component.backgroundColor = .yellow
224         case "purple":
225             component.backgroundColor = .purple
226         case "orange":
227             component.backgroundColor = .orange
228         default:
229             break
230         }
231
232         return component
233     }
234
235     private func setWidthHeight(property: String, isHeight: Bool) -> CGFloat
        {
236         if property.contains("%") {
237             return CGFloat(Double(
```

```
238                 property.replacingOccurrences(of: "%", with: "")
239             ) ?? 0) / 100.0 * (isHeight ? UIScreen.main.bounds.height :
    UIScreen.main.bounds.width)
240         }
241         return CGFloat(Double(property) ?? 0)
242     }
243
244     private func setAnchors(rootView: UIView, childView: UIView, anchors:
    Anchors) {
245         if let topAnchorConstant = anchors.topAnchorConstant {
246             NSLayoutConstraint.activate([
247                 childView.topAnchor.constraint(equalTo: rootView.topAnchor,
    constant: topAnchorConstant)
248             ])
249         }
250         if let leftAnchorConstant = anchors.leftAnchorConstant {
251             NSLayoutConstraint.activate([
252                 childView.leftAnchor.constraint(equalTo: rootView.leftAnchor,
     constant: leftAnchorConstant)
253             ])
254         }
255         if let bottomAnchorConstant = anchors.bottomAnchorConstant {
256             NSLayoutConstraint.activate([
257                 childView.bottomAnchor.constraint(equalTo: rootView.
    bottomAnchor, constant: bottomAnchorConstant)
258             ])
259         }
260         if let rightAnchorConstant = anchors.rightAnchorConstant {
261             NSLayoutConstraint.activate([
262                 childView.rightAnchor.constraint(equalTo: rootView.
    rightAnchor, constant: rightAnchorConstant)
263             ])
264         }
265         if let height = anchors.height {
266             NSLayoutConstraint.activate([
267                 childView.heightAnchor.constraint(equalToConstant: height)
268             ])
269         }
270         if let width = anchors.width {
271             NSLayoutConstraint.activate([
```

```
272                     childView.widthAnchor.constraint(equalToConstant: width)
273                 ])
274             }
275         }
276 }
```