

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Прикладная математика и информатика»

Отчет о программном проекте на тему:
Социальная сеть «Мастера sudoku»

Выполнил студент:

группы #БПМИ2110, 3 курса

Сахаров Роман Максимович

Принял руководитель проекта:

Сосновский Григорий Михайлович

Внештатный преподаватель (по ГПХ)

Департамент программной инженерии

Содержание

Аннотация	4
1 Введение	5
1.1 Актуальность	5
1.2 Цель	6
1.3 Задачи	6
2 Обзор и сравнительный анализ аналогов	7
2.1 Sudoku - online game	7
2.2 Судoku Мультиплеер	7
2.3 Судoku – классическое судoku	8
2.4 Выводы	9
3 Стек и технологии	10
3.1 Flutter	10
3.2 FlutterFlow	10
3.3 C++	11
3.4 Flask (Python)	11
3.5 ORM (SQLAlchemy)	12
3.6 SSE	12
4 Архитектура	14
4.1 Общая схема	14
4.2 Backend	14
4.2.1 Генерация судoku	15
4.2.2 API-сервер	16
4.2.3 Безопасность	16
4.3 Frontend	17
4.3.1 Мессенджер	17
4.3.2 Игры	17
5 Обзор разработанного приложения	18
6 Заключение	20

Список литературы	21
Приложения	23

Аннотация

Данный проект – идейное продолжение проекта «Валидное sudoku», в рамках которого было разработано мобильное приложение для игры в sudoku.

Так, данное игровое мобильное приложение было расширено до тематической социальной сети. За новую логику, а также за генерацию sudoku отвечает серверная часть, в то время, как мобильное приложение служит клиентской частью и предоставляет пользовательский интерфейс.

Помимо базовых возможностей (таких как общение в чатах, профили пользователей, списки друзей) тематическая социальная сеть обладает более специфичным функционалом, направленным на взаимодействие пользователей связанное с игровым процессом. Например, пользователи могут делиться решёнными друг с другом головоломками, соревноваться в мастерстве на основании игровых рейтингов. Также в рамках приложения пользователям доступны несколько онлайн игровых режимов, позволяющих соревноваться друг с другом в режиме реального времени, или наоборот решать головоломки вместе.

Такие изменения в приложении не только являются его концептуальным развитием, но и позволяют привлечь больше аудитории, интересующейся головоломками sudoku.

Итоговый продукт монетизируется за счёт баннерной рекламы от Яндекса.

Мобильное приложение распространяется в магазине RuStore по ссылке <https://www.rustore.ru/catalog/app/com.ramses44.sudokumasters>

Ключевые слова

Судуку, головоломки, мобильная разработка, бэкэнд-разработка, мобильные игры, социальные сети, онлайн-игры

1 Введение

В современном мире мобильные устройства стали неотъемлемой частью нашего повседневного быта. Сегодня смартфон объединяет в себе множество функций: он служит средством коммуникации, рабочим инструментом, фотокамерой, мультимедийным плеером и источником развлечений. В связи с этим растет спрос на мобильные приложения, призванные расширить возможности гаджета и предоставить пользователям новый опыт взаимодействия. Особую популярность среди них приобрели развлекательные приложения, такие как игры, видео- и аудио-сервисы, социальные сети.

Достаточно популярным среди игр является жанр головоломок. Однако, в отличие от игр множества других жанров, игры-головоломки практически всегда являются оффлайн-приложениями, т.е. предоставляют только возможность одиночной игры, не предполагая прямое взаимодействие между пользователями.

В настоящее время на рынке присутствует множество реализаций таких игр, в том числе sudoku [9]. Как показал сравнительный анализ аналогов, проведенный в рамках проекта «Валидное sudoku»¹, большинство таких приложений имеют схожий функционал. Конечно, в каждой конкретной реализации есть свои особенности: оригинальное оформление, выбор уровня сложности, сбор статистики и так далее. Однако, эти решения не несут в себе новизны в концепции игры, предлагая более или менее удачные реализации классического sudoku.

Так, было приятно решение разработать приложение, предлагающее идейное развитие игры по решению головоломок. В частности, добавление онлайн-режимов, где пользователи могли бы соревноваться или совместно решать sudoku.

1.1 Актуальность

Популярность² головоломки sudoku говорит о наличии у игры достаточно большого комьюнити. Однако, в силу того, что сама по себе головоломка не предполагает взаимодействия между пользователями, общение между игроками практически не происходит. Тем не менее, такое общение может быть полезно и интересно многим пользователям по нескольким причинам:

- 1 Обмен опытом в решении sudoku

- 2 Возможность завести знакомства по интересам

¹Курсовой проект, выполненный годом ранее

²На основании скачиваний в Google Play [2]

3 Возможность делиться своими успехами в решении сложных головоломок

Кроме того, добавление в игру возможности прямых соревнований (не только по статистике, а через специальные игровые режимы) не только дало бы возможность помериться силами профессионалам, но и оживило бы комьюнити.

Многие игры других жанров (например стратегии) имеют функционал встроенного в игру общения между пользователями. Такой подход успешно применяется уже долгие годы. Таким образом, можно применить его же и для игр-головоломок.

1.2 Цель

Приложение должно совмещать в себе игру в sudoku (в том числе мультиплеер-режимы [5]), а также тематическую социальную сеть [6].

Так как для разработки уже есть база: кроссплатформенное мобильное приложение «Валидное sudoku» – то было принято решение развивать его, используя уже написанные части для реализации интерфейса и общей организации приложения.

Таким образом, цель данного проекта: **Разработать клиент-серверное приложение с функционалом социальной сети, посвящённой sudoku и интегрировать его с мобильным приложением «Валидное sudoku».**

1.3 Задачи

Для выполнения поставленной цели потребовалось выполнить следующие **задачи**:

- 1 Реализовать генерацию sudoku на сервере
- 2 Спроектировать базу данных
- 3 Спроектировать веб-приложение
- 4 Реализовать базовый (общий) функционал социальной сети
- 5 Реализовать тематические особенности, касающиеся игр
- 6 Внедрить в приложение «Валидное sudoku» функционал клиентской части
- 7 Протестировать все компоненты
- 8 Запустить продукт во всеобщее пользование

2 Обзор и сравнительный анализ аналогов

Прямых аналогов планируемому продукту в публичном доступе найти не удалось. Однако, в магазинах приложений [2] присутствует несколько реализаций идеи игры sudoku с мультиплеер-режимом.

2.1 Sudoku - online game

Приложение создано как раз для реализации режима, в котором двум игрокам даётся одно и то же sudoku, которое они одновременно решают независимо друг от друга. Игрок, решивший головоломку быстрее своего оппонента, считается победителем

Преимущества:

- Наличие мультиплеер-режима
- Возможность менять тему оформления
- Сбор личной статистики
- Возможность создать закрытую игру и пригласить туда конкретного игрока

Недостатки:

- Отсутствие выбора размера игрового поля (только стандартный 9x9)
- Наличие только одного языка
- Минимальный уровень взаимодействия между игроками (только решение одного и того же sudoku без возможности общаться и видеть результаты друг друга)

2.2 Судоку Мультиплеер

Основной особенностью этого приложения является так же реализация многопользовательской версии известной головоломки. Однако, данная игра предоставляет больше возможностей, чем предыдущая.

Преимущества:

- Наличие мультиплеер-режима
- Возможность менять тему оформления (платные темы)

- Сбор личной и серверной статистики
- Высокая степень интерактивности в мультиплеер-режиме "битва" (игроки вместе отгадывают sudoku, видя ответы друг друга и получая баллы за правильные; побеждает игрок, набравший большее количество очков)
- Мультиязычность

Недостатки:

- Отсутствие выбора размера и сложности игры в мультиплеере
- Только случайный подбор противников
- Отсутствие возможности общения между игроками
- Перегруженность интерфейса

2.3 Судoku – классическое судoku

Данное приложение не реализует мультиплеер-режимы. Однако, оно является самой популярной³ реализацией игры судoku в классическом варианте. Взаимодействие между пользователями ограничивается сбором статистики по всем пользователям и возможностью каждому пользователю узнать, насколько быстро или безошибочно он решил ту или иную головоломку по сравнению с другими.

Несмотря на отсутствие мультиплеера и механизмов общения между игроками, это приложение также было решено включить в данный сравнительный анализ, как успешный пример классического судoku.

Преимущества:

- Выбор нескольких вариантов размера и сложности судoku
- Сбор личной и серверной статистики
- Современный интерфейс

Недостатки:

- Отсутствие мультиплеера
- Отсутствие выбора тем оформления

³На основании скачиваний в Google Play [2]

2.4 Выводы

На рынке присутствуют некоторые решения, реализующие мультиплеер-игру в sudoku. Однако, даже они не поддерживают возможность общения пользователей.

Реализация сетевой игры у «Судoku Мультиплеер» более интерактивная оригинальная. Она может служить примером удачной реализации онлайн игровых режимов sudoku.

На основании проведённого анализа, а также идеи проекта, были сформулированы следующие требования к разрабатываемому приложению:

Функциональные требования

Готовый продукт должен:

- Предоставлять пользователям базовую возможность игры в sudoku
- Предоставлять возможность общения в чатах
- Устанавливать связи между пользователями (друзья)
- Собирать статистику по пользователям и их играм и формировать на их основе игровые рейтинги
- Предоставлять возможность играть в multiplayer режимы

Нефункциональные требования

Готовый продукт должен удовлетворять следующим условиям:

- Кроссплатформенность (для Android и IOS)
- Монетизация за счёт рекламы
- Кастомизируемость интерфейса приложения (посредством выбора тем оформления и языка)

3 Стек и технологии

3.1 Flutter

Приложение «Валидное sudoku» было написано на языке Flutter [12], который остался основным инструментом для разработки клиентской части (мобильного приложения). Flutter – это фреймворк для языка Dart [11] с открытым исходным кодом от Google для создания красивых, нативно скомпилированных, многоплатформенных приложений из единой кодовой базы. Рассмотрим плюсы и минусы Flutter по сравнению с конкурентами.

Плюсы:

- 1 Относительно простой и продуманный язык
- 2 Кроссплатформенность
- 3 Модульное программирование интерфейса
- 4 Перспективность и активное развитие

Минусы:

- 1 Мало библиотек
- 2 Небольшое комьюнити
- 3 Низкая производительность по сравнению с нативными приложениями
- 4 Большой вес конечного пакета приложения

3.2 FlutterFlow

FlutterFlow [10] - это визуальная среда разработки для создания нативных мобильных и веб-приложений. FlutterFlow помогает создавать приложения быстрее (чем при обычной разработке), не снижая их качества и функциональности.

В частности, FlutterFlow предоставляет конструктор приложений, использование которого упрощает разработку. Также, присутствует встроенная интеграция с сервисами Google (Firebase, авторизация через аккаунты Google, Google-карты и т.д.), однако в данном проекте эти возможности FlutterFlow не использовались (в силу того, что бэкэнд для приложения реализуется отдельно и обладает достаточно сложной логикой).

Несмотря на то, что FlutterFlow – это в первую очередь *NoCode* инструмент, в нём присутствует возможность внедрения кастомного кода в качестве отдельных виджетов⁴ или функций. Таким образом, часть кодовой базы из проекта «Валидное sudoku» была использована и в новом приложении.

3.3 C++

Алгоритм генерации sudoku портируется с Dart на C++ для повышения производительности. Использование сторонних языков при работе программы на устройстве пользователя крайне проблематично. Однако, при вынесении генерации sudoku на сервер появляется возможность использовать любой язык. Главным критерием является производительность, т.к. генерация головоломок – это наиболее ресурсоёмкий процесс.

С момента своего создания C++ [14] стал одним из наиболее широко используемых языков программирования в мире. Грамотно сконструированные программы на языках C++ быстры и эффективны. Язык более гибкий, чем другие языки: он может работать на самых высоких уровнях абстракции и вниз на уровне кремния. C++ предоставляет стандартные библиотеки с высоким уровнем оптимизации. Он обеспечивает доступ к аппаратным функциям низкого уровня, чтобы максимально увеличить скорость и сократить потребление памяти. C++ может создавать практически любой вид программы: игры, драйверы устройств, НРС, облако, настольный компьютер, внедренные и мобильные приложения и многое другое. Даже библиотеки и компиляторы для других языков программирования пишутся на C++.

Также, C++ эффективно работает в параллельном режиме, что позволяет ещё сильнее повысить производительность при генерации sudoku.

3.4 Flask (Python)

Механизмы социальной сети, а также составляющая непосредственно веб-сервера реализованы на фреймворке Flask [16] для языка Python-3 [17]. Flask - это облегченный фреймворк веб-приложений WSGI. Он разработан для быстрого и легкого начала работы с возможностью масштабирования до сложных приложений.

Язык Python прекрасно подходит для совмещения программ на разных языках. Сами по себе вычисления в программах на Python могут быть значительно медленнее, чем в случае с многими другими языками. Однако, Python предоставляет возможности по подключению

⁴Виджеты приложений [1] — это миниатюрные представления приложений, которые можно вставлять в другие приложения, например, на главный экран, и получать периодические обновления.

к основной программе модулей, написанных на других языках (например на C++).

По сравнению с другим популярным веб-фреймворком Django, Flask имеет большую гибкость и настраиваемость, предоставляя при этом разработчикам менее нагруженный интерфейс.

3.5 ORM (SQLAlchemy)

Так как для сбора статистики и реализации механизмов социальной сети требуется хранить информацию о пользователях и играх, сервер нуждается в базе данных (В качестве которой используется MySQL [15]). Также, требуется инструмент для взаимодействия с БД из Python-программы.

Наиболее распространённым подходом является использование ORM-технологии [20]. Самой популярной Python-библиотекой, реализующей ORM, является SQLAlchemy [19].

SQLAlchemy - это инструментарий Python для SQL и объектно-реляционного сопоставления, который предоставляет разработчикам приложений всю мощь и гибкость SQL.

Он предоставляет полный набор хорошо известных шаблонов сохранения на уровне предприятия, разработанных для эффективного и высокопроизводительного доступа к базе данных, адаптированных к простому языку предметной области Pythonic.

В силу своей исключительной популярности SQLAlchemy имеет лучшую документацию и большее комьюнити по сравнению с другими библиотеками.

3.6 SSE

Для получения сообщений в чатах, а также проведения мультиплеер-игр в режиме реального времени требуется наличие открытого соединения между клиентом и сервером. Для реализации этого была выбрана технология SSE [3].

Server Sent Events (SSE), - это технология, которая позволяет клиентским приложениям автоматически получать уведомления, сообщения или потоки событий с сервера после установления первоначального соединения. Это серверная технология push, которая позволяет клиентским приложениям получать данные от сервера через HTTP-соединение и описывает, как серверы могут передавать данные клиенту после установления первоначального соединения.

Для работы с данной технологией существуют соответствующие библиотеки как для Python-flask (backend), так и для Dart (frontend).

Redis

Также, для реализации потокового получения клиентом данных с сервера применяется модель «Издатель — подписчик» [4]. Для её реализации используется Redis [18]

Redis – это доступное с исходным кодом хранилище в оперативной памяти, используемое в качестве распределенной базы данных ключ-значение в памяти, кэша и посредника сообщений с дополнительной надежностью. Поскольку все данные хранятся в памяти, Redis обеспечивает чтение и запись с низкой задержкой.

4 Архитектура

4.1 Общая схема

Итоговый продукт представляет из себя связку мобильного приложения и серверной части. Общая организация системы приведена на схеме 4.1.

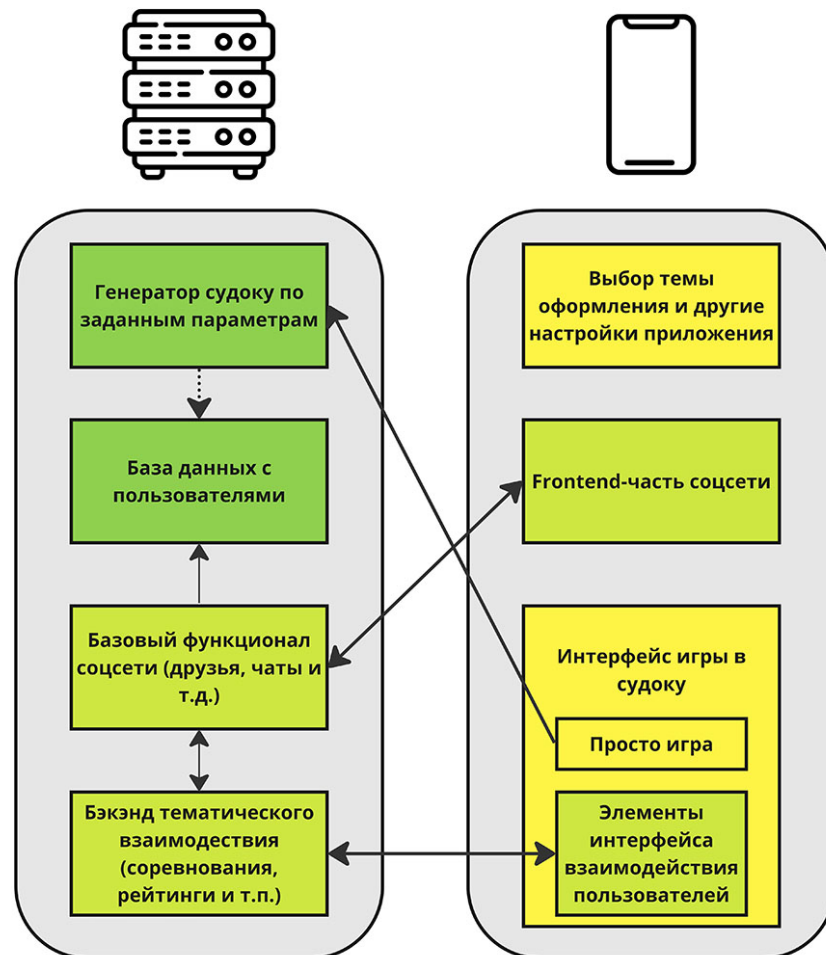


Рис. 4.1: Схема устройства клиентской и серверной частей и их взаимодействия.

4.2 Backend

Backend представляет из себя развёрнутый в облаке набор docker-контейнеров [8], внутри которых запущены:

- Основная база данных (MySQL)
- Сервис, применяющий миграции к БД (Liquibase [13])
- Redis-сервер

- Генератор sudoku (программа на C++)
- Flask-API сервер

Все сервисы взаимодействуют друг с другом через общую локальную сеть. Всё общение элементов системы с внешними пользователями происходит через API-сервис.

4.2.1 Генерация sudoku

За весь процесс генерации новых головоломок и запись их в БД отвечает C++-скрипт. Алгоритм генерации sudoku аналогичен тому, что использовался в приложении «Валидное sudoku». Данный алгоритм был портирован с Dart на C++ с добавлением оптимизации в виде распараллеливания отдельных частей.

Краткое описание исходного алгоритма. Генерация sudoku происходит по запросу пользователя. Изначально создаётся целиком заполненное игровое поле. Далее итеративный алгоритм удаляет числа и валидирует sudoku на каждом шаге (т.е. проверяет единственность решения). Для этого запускается алгоритм, решающий sudoku методом перебора подстановок чисел с ограничением глубины. Запуск решения таким образом происходит дважды последовательно: перебор возможных чисел для каждой пустой ячейки по возрастанию и по убыванию. Совпадение полученных решений и будет следствием единственности решения, т.е. валидности sudoku. Кроме того, каждому уровню сложности соответствует диапазон количества изначально "отгаданных" (заполненных числами) ячеек, а также ограничение глубины перебора подстановок.

Изменения и оптимизации. Во-первых, за генерацию sudoku разных типов⁵ отвечают отдельные потоки, количество которых конфигурируется. Во-вторых, так как для валидации sudoku требуется запуск алгоритма решения "с двух сторон" (перебор чисел по убыванию и по возрастанию), это действие также разбивается на 2 потока.

Генерация sudoku происходит независимо от работы API-сервера. В конфигурационном файле задаётся лимит количества sudoku каждого типа, которое должно находиться в БД. Таким образом, когда API-серверу нужно передать пользователю сгенерированное sudoku, он обращается к БД, вычитывая случайное sudoku заданного типа из таблицы.

Недостатком такого подхода является то, что с определённой вероятностью⁶ пользователь может получить от сервера одно и то же sudoku несколько раз.

⁵Имеется в виду конфигурация размер + сложность

⁶Зависит от конфигурации лимитов генерации. Чем выше лимит, тем вероятность совпадения ниже

Однако, взамен пользователь получает более высокую (почти мгновенную без учёта задержек сети) скорость получения ответа на запрос создания игры. Также, заранее установленные лимиты ограничат рост размера базы данных со временем, т.к. количество записей в таблице sudoku не будет расти соответственно с количеством игр. Это особенно важно, потому что именно данные о sudoku занимают большую часть памяти, выделяемой БД.

4.2.2 API-сервер

Методы API, отвечающие за идейно разные части функционала разнесены по модулям (*routers*):

- **user** – модуль отвечающий за аккаунты пользователей и связи между ними (контакты)
- **messenger** – модуль реализующий чаты и общение между пользователями.
- **game** – модуль отвечающий за создание и проведение игр

Также можно выделить модуль **listen**, отвечающий за SSE и поддержание открытых соединений.

4.2.3 Безопасность

Безопасность, т.е. механизмы авторизации пользователей и проведение соответствующих операций, обеспечивается посредством JWT [7].

JSON Web Token (JWT) - это открытый стандарт, который определяет компактный и автономный способ безопасной передачи информации между сторонами в виде объекта JSON. Эту информацию можно проверить и которой можно доверять, поскольку она имеет цифровую подпись. JWT могут быть подписаны с использованием секретного ключа (с помощью алгоритма HMAC) или пары открытого/закрытого ключей с использованием RSA или ECDSA.

Файлы с RSA-ключами генерируются bash-скриптом и хранятся на сервере.

При авторизации или регистрации, пользователь получает специальный аутентификационный токен, который далее использует во всех запросах, требующих авторизации (напр. создание игры или отправка сообщения в чате). Такие токены имеют *lifetime* (срок жизни), по истечении которого становятся недействительными. Таким образом обеспечивается безопасность пользовательских данных (в частности пароля, т.к. он не передаётся при каждом запросе).

4.3 Frontend

Мобильное приложение было полностью переработано для внедрения интерфейса мессенджера и онлайн-игр. Таким образом, приложение можно разделить на две концептуальные части: **мессенджер** и **игры**. Каждая часть включает по несколько страниц.

4.3.1 Мессенджер

На странице приложения «Общение» находится 2 раздела: **контакты** и **чаты**. Первый посвящён взаимодействию между пользовательскими профилями, а второй – общению. Также к этому разделу относится страница профиля пользователя. В случае, если пользователь не авторизован, он не сможет воспользоваться данным разделом и будет перенаправлен на страницу регистрации/авторизации.

На странице чата *асинхронно* запускается SSE-клиент, поддерживающий открытое соединение с сервером и получающий новые сообщения в режиме реального времени, после чего добавляющий их на страницу.

4.3.2 Игры

Помимо главной страницы, на которой пользователь может посмотреть свои старые игры или создать новую, раздел включает в себя непосредственно страницы с играми (для разных режимов), а также страницы с информацией о ранее решенном sudoku.

На странице «Онлайн-игра» *асинхронно* запускается SSE-клиент, получающий от сервера игровые события (действия других игроков, уведомления о статусе игры).

Более подробное описание интерфейса приложения находится в далее разделе [5](#).

5 Обзор разработанного приложения

При входе в приложение пользователь попадает на главный экран, где может создать игру (*прил.6.2*). Без авторизации есть возможность создания только одиночной игры (*прил.6.3*), результаты которой не будут сохраняться и учитываться в статистике.

Чтобы пройти регистрацию или авторизацию (*прил.6.1*) пользователь может кликнуть на иконку пользователя в правом верхнем углу, либо перейдя в раздел «Общение».

Зарегистрированному пользователю становится доступен полный функционал приложения, включая общение, онлайн-игры (*прил.6.4*) и сбор персональной статистики.

В разделе «Общение» пользователь может найти (*прил.6.17*) чаты и вступить в них (если чат открытый) (*прил.6.16*). Также есть возможность создания нового чата с настройкой приватности и добавлением участников (*прил.6.19*). Т.к. список чатов (а также другие данные) приложение получает с сервера, во время ожидания ответа на API-запрос на месте списка чатов пользователь может видеть анимацию (*shimmer*) (*прил.6.18*). Аналогичная анимация загрузки присутствует и для других элементов приложения, получающих данные с сервера для отображения.

Кликнув на строчку чата в списке, пользователь попадает на его страницу, где имеет возможность прочитать сообщения, а также отправить своё (*прил.6.20*). Сообщения в списке подгружаются с сервера динамически (с пагинацией при загрузке более старых сообщений и ожиданием по открытому соединению новых).

В чате присутствует несколько различных типов сообщений:

- Простое текстовое сообщение
- Информация о контакте
- Судoku

Кликнув на сообщение, содержащее вложенный контакт, можно попасть на страницу профиля соответствующего пользователя. Также пользователь имеет возможность попробовать решить судoku, которым с ним поделились (*прил.6.22*).

Кроме того, на странице чата можно найти список пользователей, состоящих в нём, пригласить новых участников (*прил.6.21*).

Помимо списка чатов в разделе «Общение» пользователь может просмотреть список своих контактов и добавить новые (*прил.6.13*).

Кликнув на контакт, можно попасть на страницу пользователя. На ней отображаются имя и юзернейм соответствующего пользователя, его рейтинг и сборная статистика по играм (*прил.6.12*). На этой же странице есть возможность добавить/удалить контакт, а также поделиться контактом, отправив его в чат.

В приложении присутствует возможность кастомизации интерфейса на странице настроек (*прил.6.11*). Пользователь может выбрать язык (русский и английский) и тему (тёмную или светлую) (*прил.6.10*).

Игра монетизируется за счёт баннерной рекламы.

Серверная часть приложения размещена в Яндексе облаке.

Готовое мобильное приложение [размещено](#) в магазине Android-приложений RuStore.

Исходный код как мобильного приложения, так и сервера опубликован в [GitHub-репозитории](#).

6 Заключение

В ходе работы последовательно выполнялись поставленные задачи.

Алгоритм генерации sudoku был портирован с Dart на C++ и оптимизирован. Была настроена БД MySQL и написаны Liquebase-миграции для неё. Спроектированное веб-приложение разбито на логические модули, которые были последовательно реализованы. В переработанное приложение «Валидное sudoku» был внедрён интерфейс социальной сети, а также организована возможность проведения онлайн-игр. В приложение были добавлены настройки, темы, реклама. После успешного тестирования мобильное приложение было [загружено](#) в магазин RuStore в то время, как серверная часть рзвёрнута в Яндекс облаке.

Итак, готовый продукт:

- Предоставляет различные режимы игры в sudoku (одиночный, кооператив, дуэль)
- Позволяет пользователям общаться в чатах и добавлять друг друга в контакты
- Предоставляет статистику по каждому пользователю и формирует рейтинги на её основании
- Имеет возможность кастомизации внешнего вида (тема, язык)
- Монетизируется за счёт рекламы
- Имеет возможность установки клиентской части на различные платформы (Android и IOS)

Таким образом, приложение соответствует предъявленным требованиям (2.4)

Итак, поставленные задачи были выполнены. В результате цель проекта по разработке приложения достигнута.

В будущем проект может развиваться в направлении расширения возможностей взаимодействия пользователей, а также добавления новых режимов.

Список литературы

- [1] Create a simple widget [Электронный ресурс] / Google Inc. URL: <https://developer.android.com/develop/ui/views/appwidgets> (дата обр. 10.05.2024).
- [2] Google play [Электронный ресурс] / Google Inc. URL: <https://play.google.com/store> (дата обр. 12.02.2023).
- [3] Building realtime apps [Электронный ресурс] / Grafbase Inc. URL: <https://grafbase.com/blog/building-realtime-apps-with-server-sent-events-and-graphql> (дата обр. 11.05.2024).
- [4] Издатель — подписчик [Электронный ресурс] / Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%E2%80%94%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BF%D0%B8%D1%81%D1%87%D0%B8%D0%BA (дата обр. 11.05.2024).
- [5] Многопользовательская игра [Электронный ресурс] / Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%B3%D1%80%D0%B0 (дата обр. 01.02.2024).
- [6] Социальная сеть [Электронный ресурс] / Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C (дата обр. 01.02.2024).
- [7] JSON Web Tokens [Электронный ресурс] / Auth0. URL: <https://jwt.io> (дата обр. 11.05.2024).
- [8] Docker [Электронный ресурс] / Docker Inc. URL: <https://www.docker.com/> (дата обр. 11.05.2024).
- [9] Sudoku [Электронный ресурс] / Easybrain. URL: <https://sudoku.com/ru/pravila-sudoku> (дата обр. 12.02.2023).
- [10] FlutterFlow [Электронный ресурс] / FlutterFlow Inc. URL: <https://flutterflow.io> (дата обр. 10.05.2024).
- [11] Dart [Электронный ресурс] / Google Inc. URL: <https://dart.dev/> (дата обр. 12.02.2023).
- [12] Flutter [Электронный ресурс] / Google Inc. URL: <https://flutter.dev/> (дата обр. 12.02.2023).
- [13] Liquibase [Электронный ресурс] / Liquibase Inc. URL: <https://www.liquibase.com/> (дата обр. 11.05.2024).

- [14] C++ [Электронный ресурс] / Microsoft. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/cpp/cpp/welcome-back-to-cpp-modern-cpp> (дата обр. 01.02.2024).
- [15] MySQL [Электронный ресурс] / Oracle. URL: <https://www.mysql.com/> (дата обр. 11.05.2024).
- [16] Flask [Электронный ресурс] / Python Software Foundation. URL: <https://flask.palletsproject.com> (дата обр. 01.02.2024).
- [17] Python [Электронный ресурс] / Python Software Foundation. URL: <https://www.python.org> (дата обр. 01.02.2024).
- [18] Redis [Электронный ресурс] / Redis. URL: <https://redis.io/> (дата обр. 11.05.2024).
- [19] SQLAlchemy [Электронный ресурс] / SQLAlchemy. URL: <https://www.sqlalchemy.org/> (дата обр. 01.02.2024).
- [20] ORM [Электронный ресурс] / Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ORM> (дата обр. 01.02.2024).

Приложения

The screenshot shows a mobile app interface for account registration. At the top, the status bar displays the time 12:33, signal strength, and 34% battery. The app's header is blue with a back arrow and the title 'Аккаунт'. Below the header, there are two tabs: 'Вход' and 'Регистрация', with 'Регистрация' being the active tab. A text block explains the purpose of creating an account. Below this are three input fields: 'Имя пользователя', 'Отображаемое имя (псевдоним)', and 'Пароль' (which includes an eye icon for toggling visibility). A 'Создать аккаунт' button is positioned below the fields. At the bottom, there is a yellow promotional banner for Yandex Direct.

12:33 34 %

← Аккаунт

Вход **Регистрация**

Создайте аккаунт, чтобы получить доступ к онлайн режимам и общаться с другими игроками

Имя пользователя

Отображаемое имя (псевдоним)

Пароль

Создать аккаунт

300 руб. yandex.by РЕКЛАМА Промокод 300 рублей на первую рекламу в Яндекс Директе

Прил. 6.1: Страница регистрации

The screenshot shows a mobile app interface for creating a game. The status bar at the top shows 12:34 and 34% battery. The header is blue with a menu icon, the title 'Мастера sudoku', and a settings icon. Below the header, there are three tabs: '+ Создать' (active), 'Активные', and 'Архив'. The main area contains four dropdown menus: 'Кооперативная', 'С кем играть?', 'Сложность', and 'Размер'. A 'Создать игру' button is located at the bottom.

12:34 34 %

☰ Мастера sudoku ⚙

+ Создать Активные Архив

Кооперативная

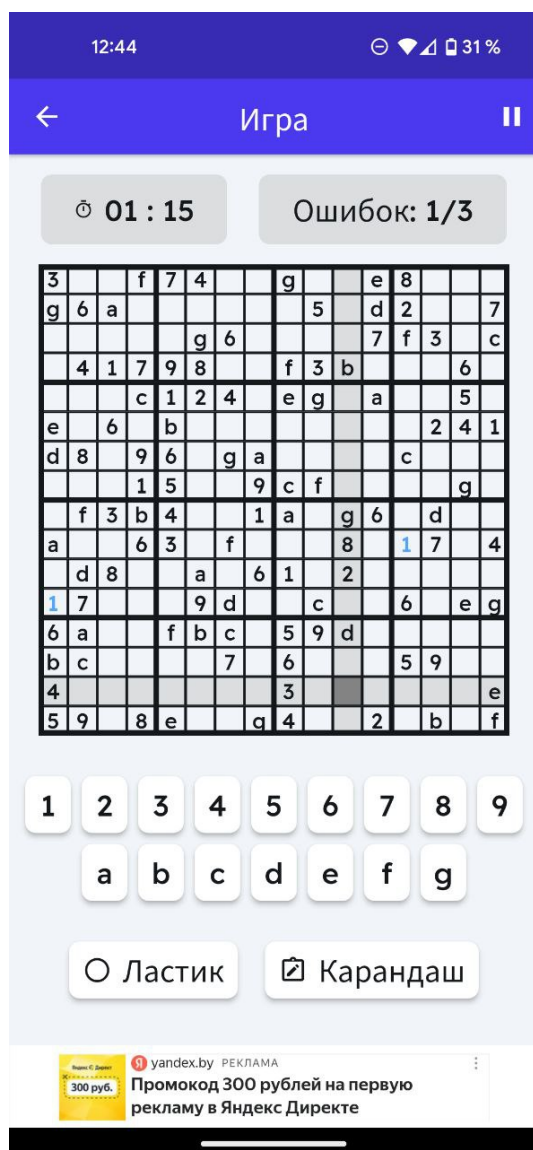
С кем играть?

Сложность

Размер

Создать игру

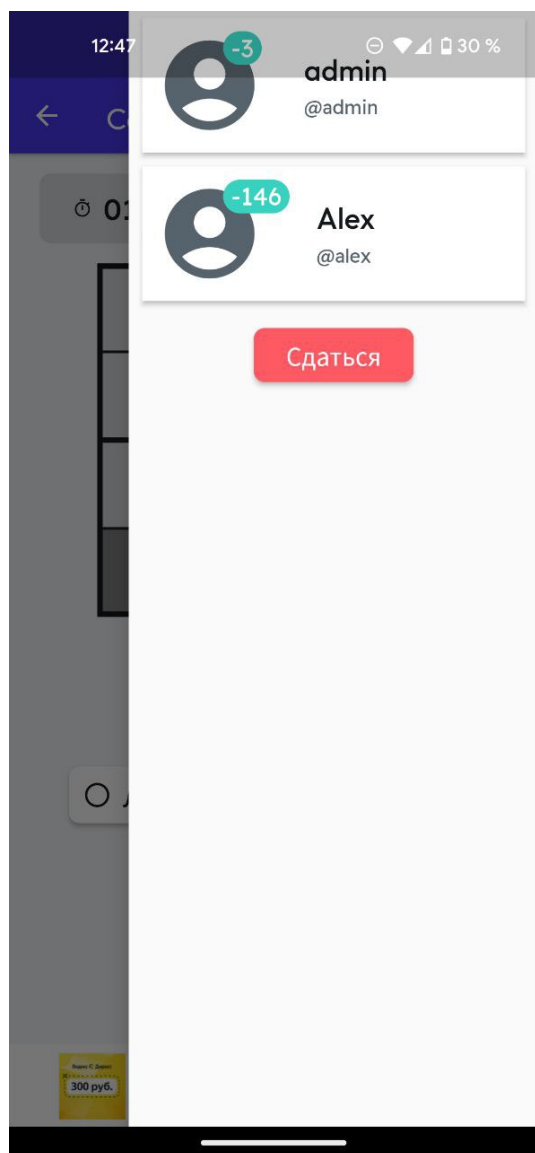
Прил. 6.2: Создание игры



Прил. 6.3: Одиночная игра



Прил. 6.4: Кооперативная игра



Прил. 6.5: Список участвующих игроков



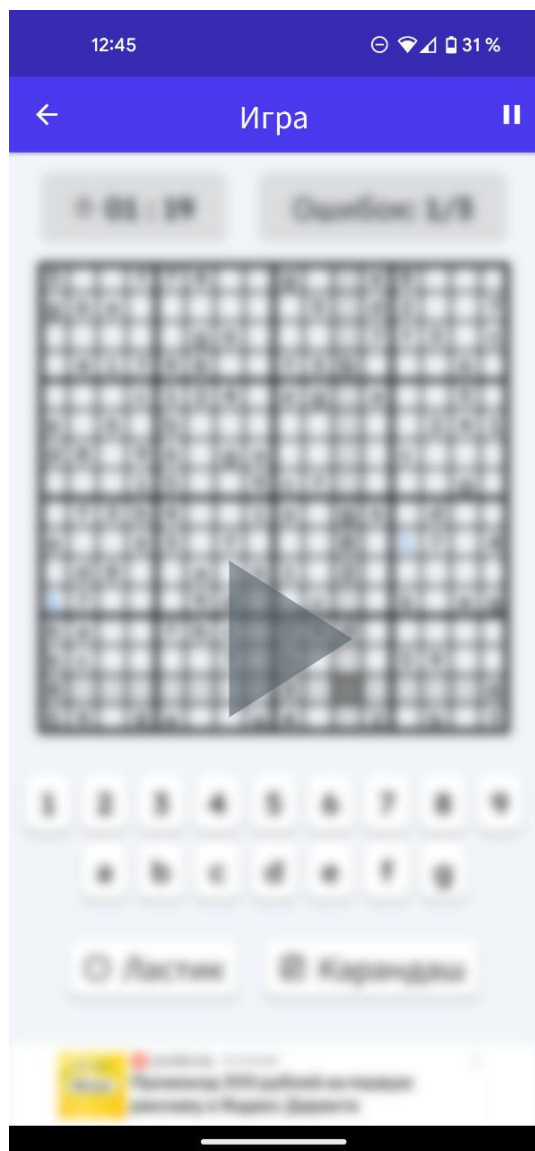
Прил. 6.6: Ожидание игроков



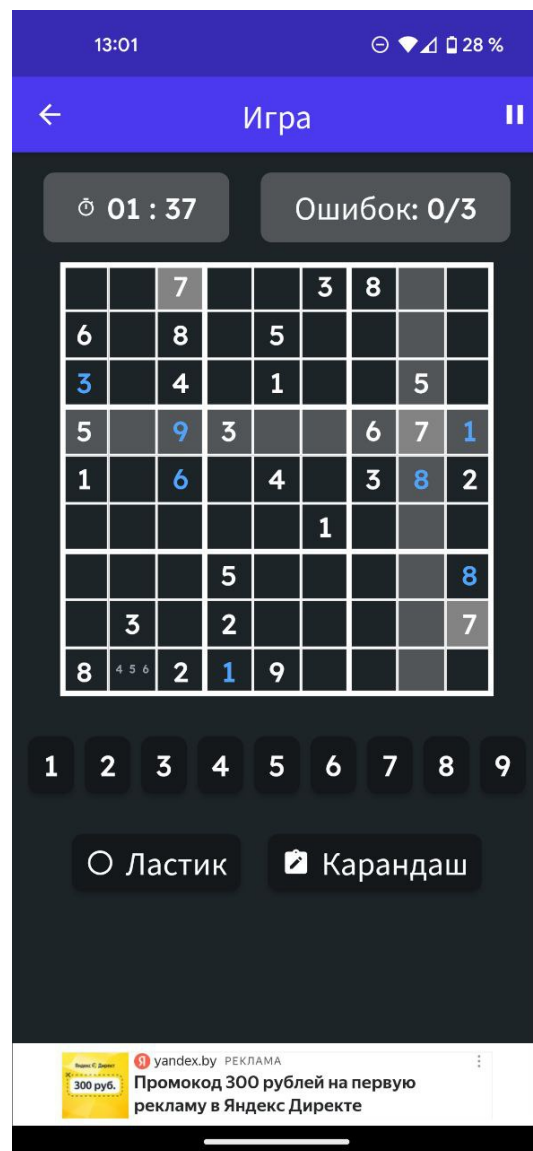
Прил. 6.7: Завершённая игра



Прил. 6.8: Архив игр



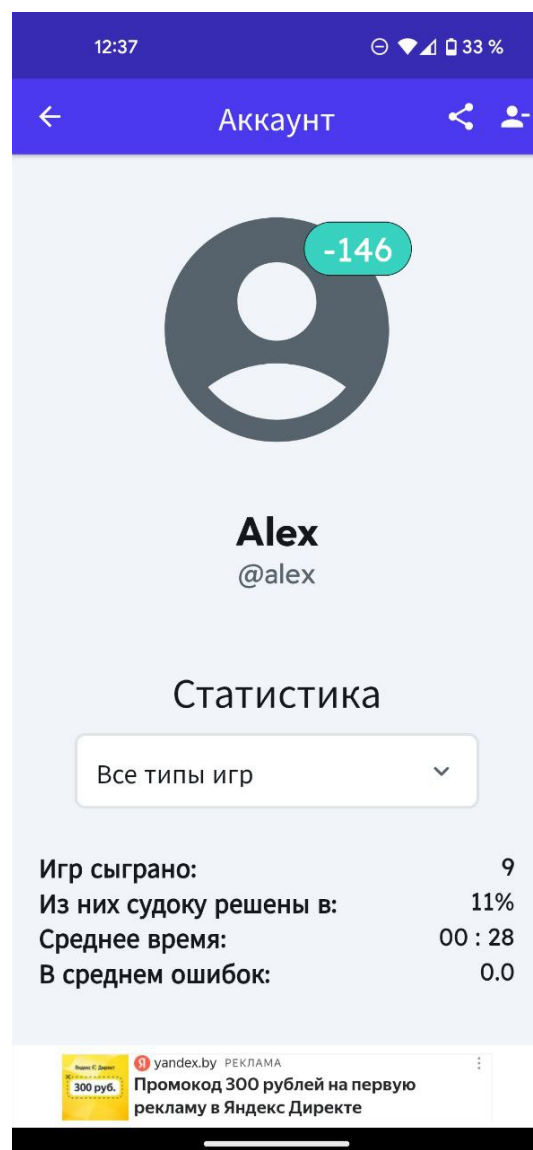
Прил. 6.9: Игра на паузе



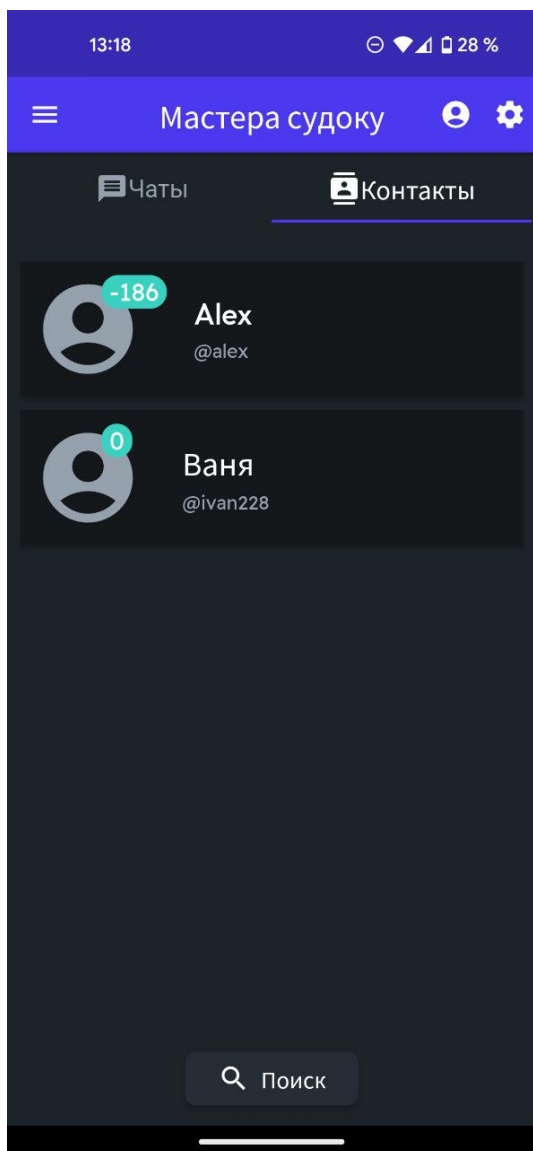
Прил. 6.10: Тёмная тема



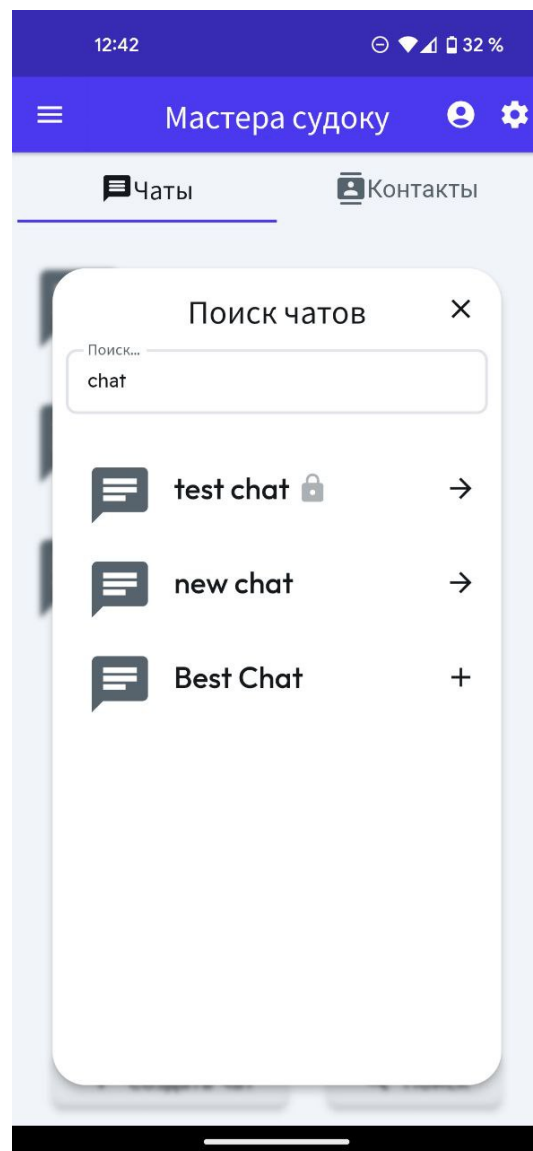
Прил. 6.11: Настройки



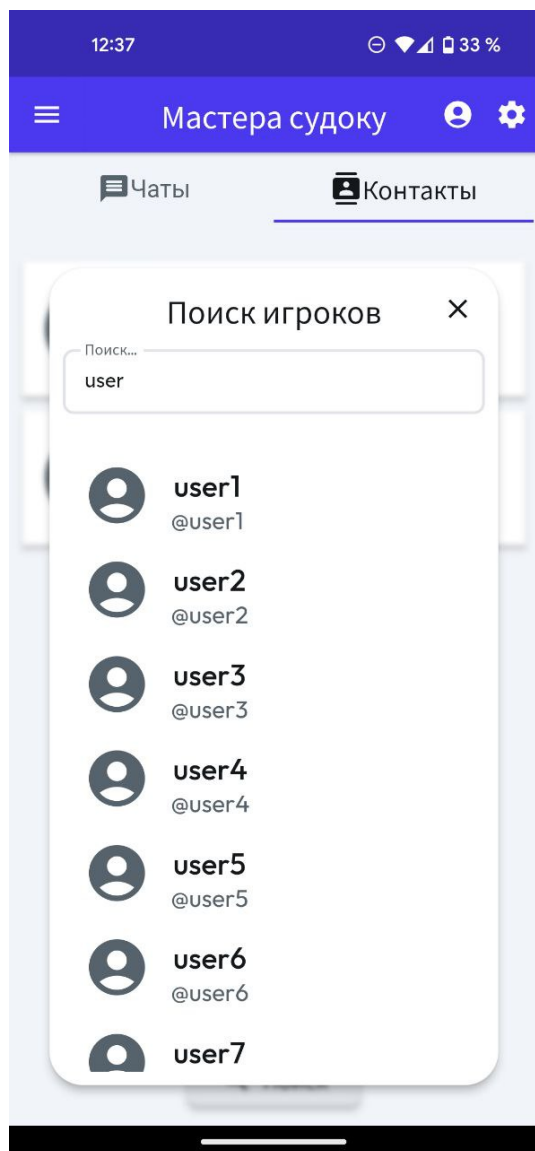
Прил. 6.12: Профиль пользователя



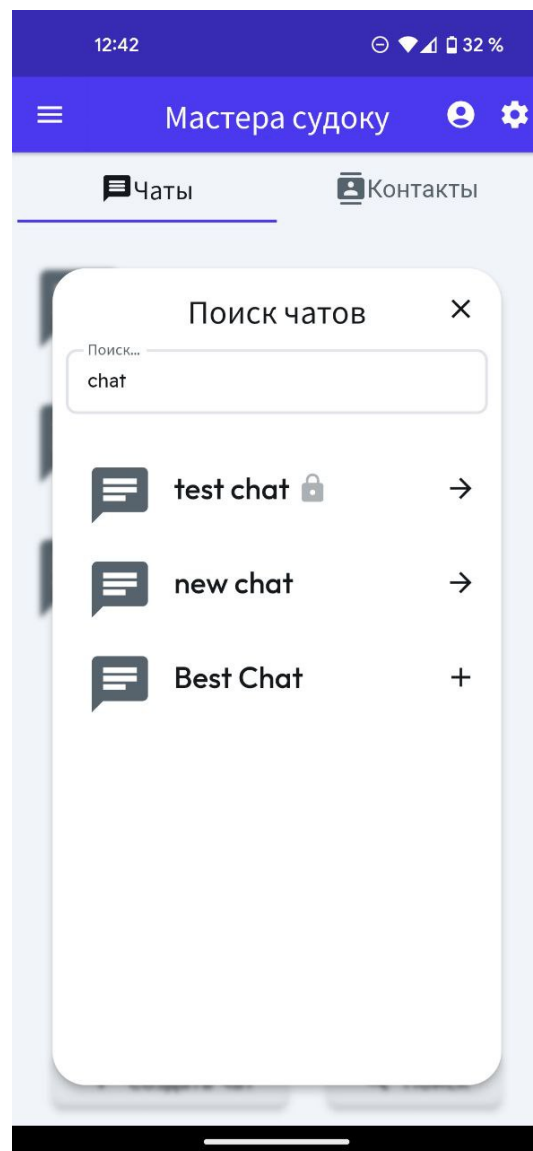
Прил. 6.13: Список контактов



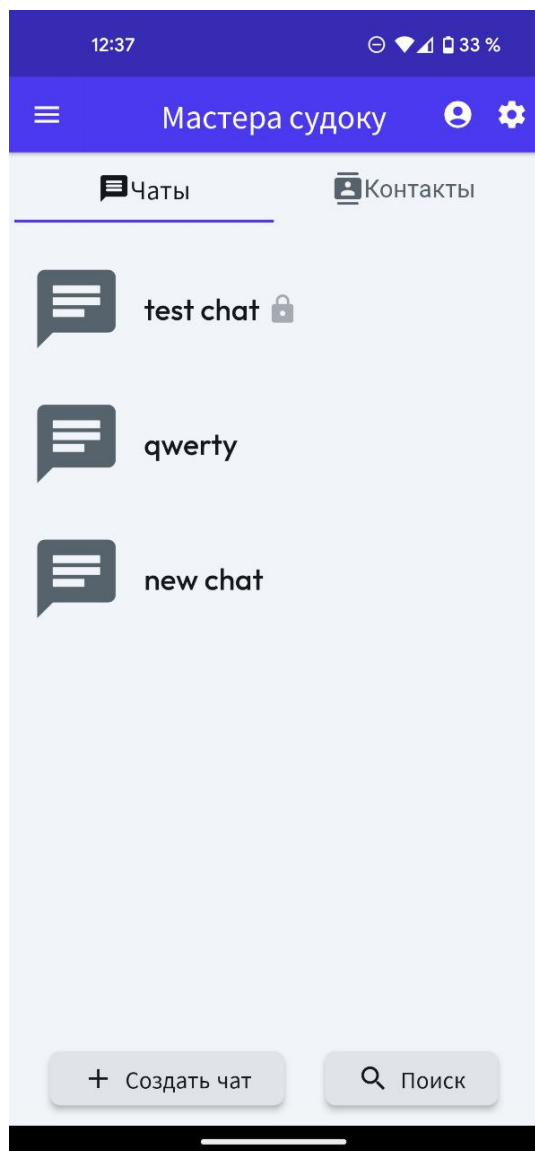
Прил. 6.14: Поиск чатов



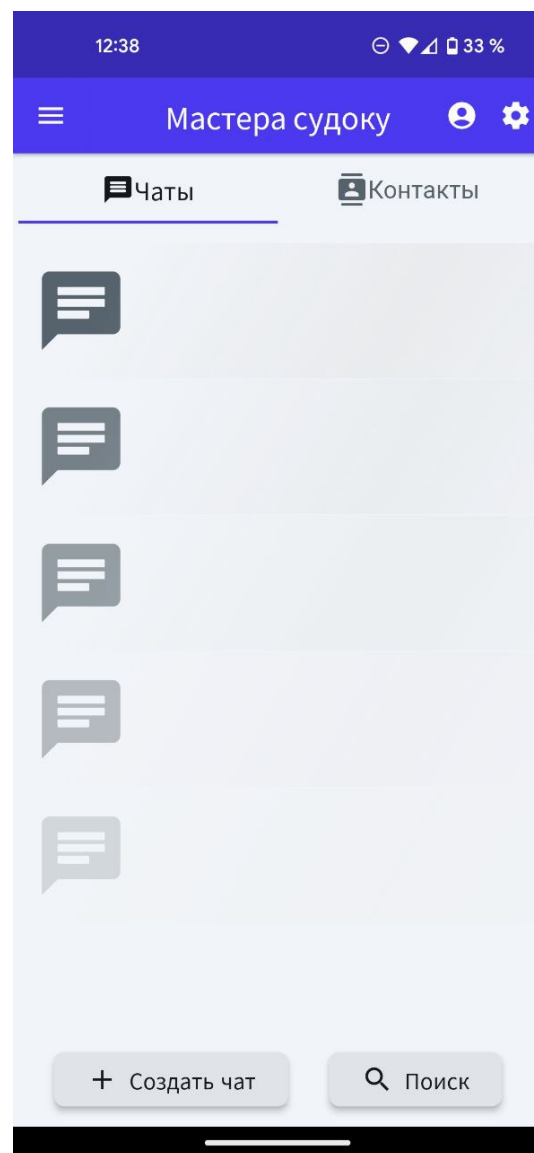
Прил. 6.15: Поиск пользователей



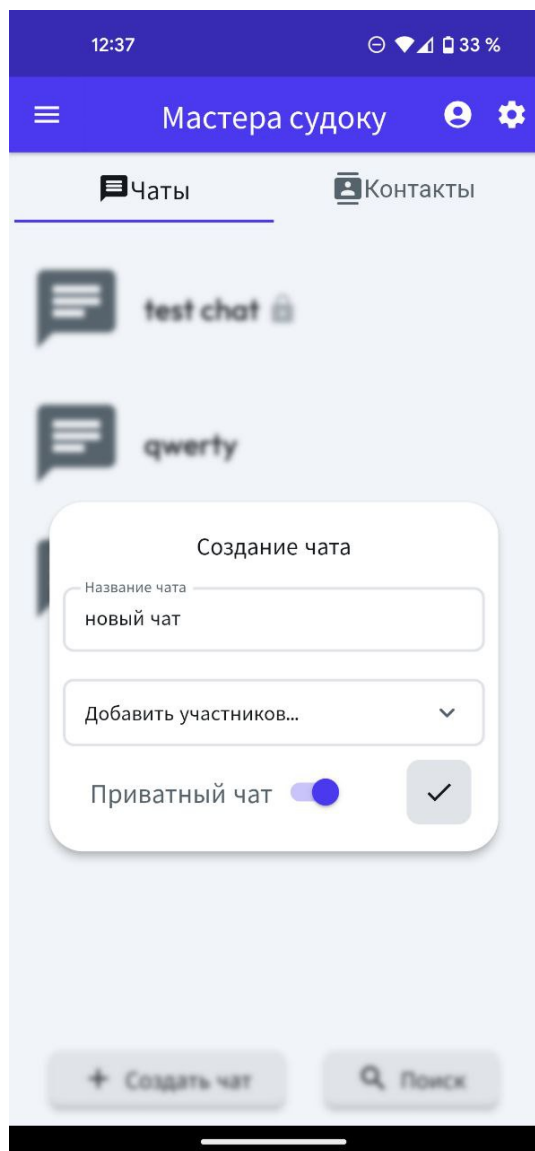
Прил. 6.16: Поиск чатов



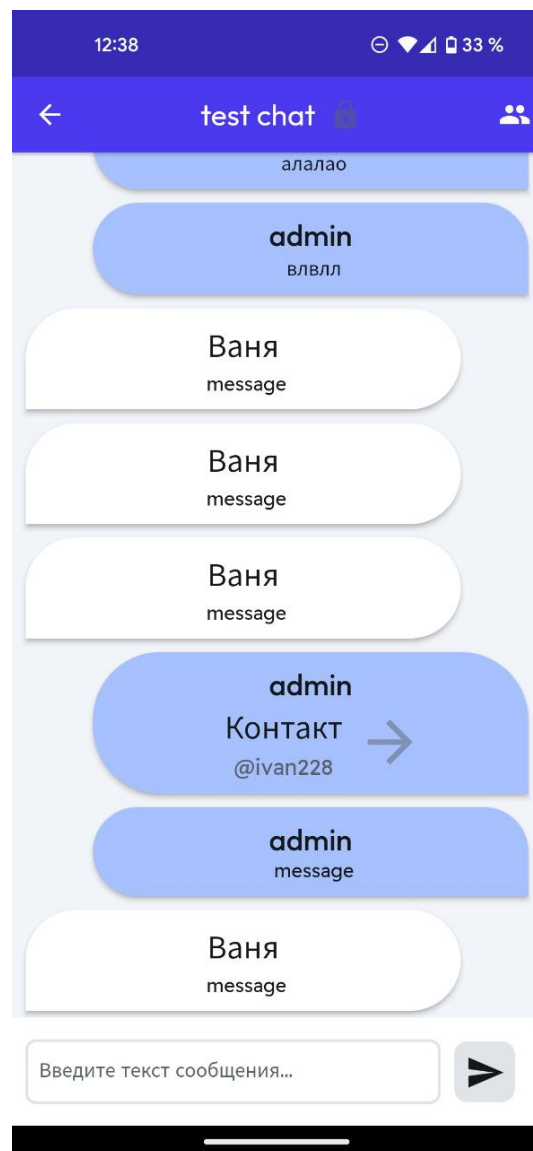
Прил. 6.17: Список чатов



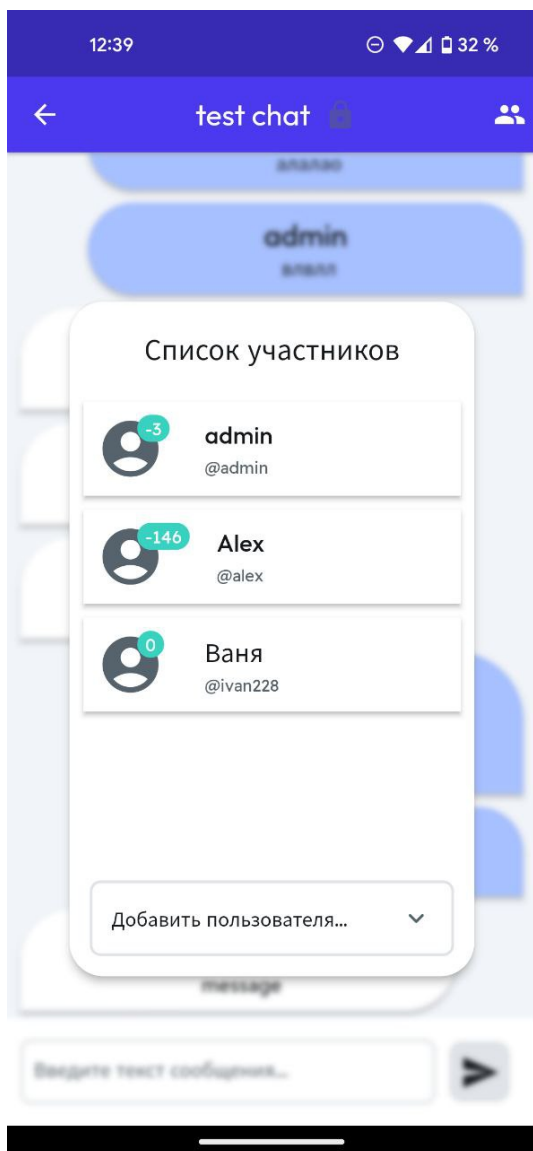
Прил. 6.18: Анимация загрузки списка чатов



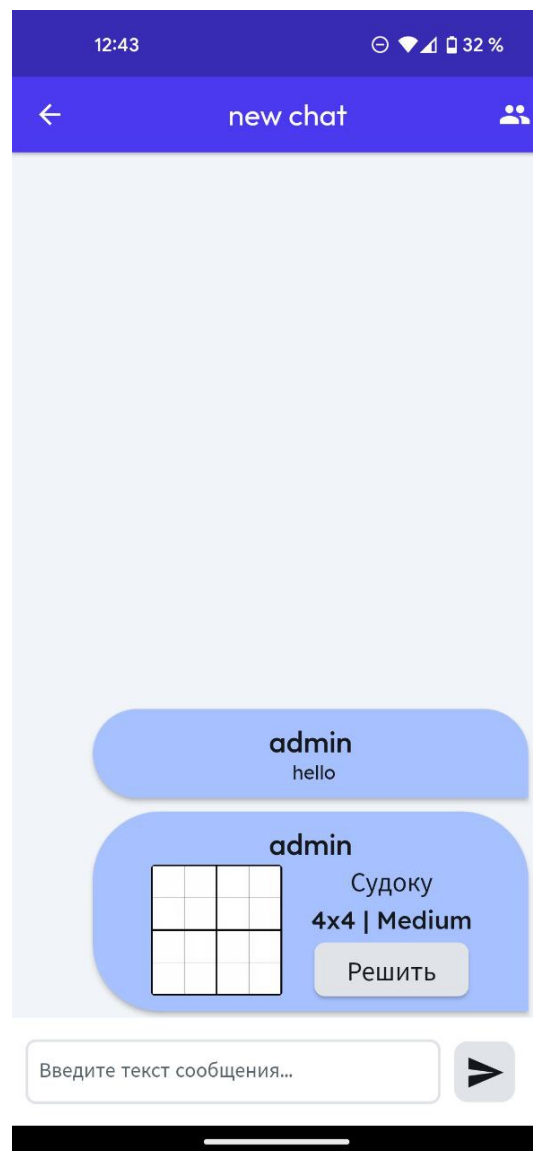
Прил. 6.19: Создание чата



Прил. 6.20: Страница чата



Прил. 6.21: Список участников чата



Прил. 6.22: "Поделиться sudoku"