

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической теории упругости и биомеханики

Разработка рекомендательной системы подбора макияжа

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 442 группы

направления 09.03.03 – Прикладная информатика

механико-математического факультета

Лаврентьевой Алины Александровны

Научный руководитель  
доцент, к.ю.н.

Р.В. Амелин

Зав. кафедрой  
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

Л.Ю. Коссович

Саратов 2026

**Введение.** Современная beauty-индустрия активно цифровизируется, предлагая потребителям множество мобильных приложений и веб-сервисов. Потребительский рынок сегодня предъявляет повышенные требования не только к качеству косметических продуктов, но и к уровню сервиса, ожидая максимально персонализированных, удобных и технологичных решений. В условиях высокой конкуренции брендам необходимо внедрять инновационные модели взаимодействия с клиентом, предлагая ему не просто товар, а уникальный опыт и экспертные рекомендации, адаптированные под его индивидуальные запросы и особенности.

Существующие на рынке приложения виртуальной примерки макияжа в основном решают лишь задачу визуализации уже выбранного пользователем продукта. Однако они не реализуют ключевую функцию рекомендательной системы – генерацию новых, персонализированных идей для макияжа, которые учитывали бы индивидуальные черты лица, цветотип и контекст. Это создаёт значительный пробел в удовлетворении потребности пользовательниц в профессиональном, творческом совете и вдохновении. Данный пробел может быть заполнен именно разработкой веб-приложения, объединяющего интеллектуальный подбор и виртуальную примерку на основе компьютерного зрения.

**Целью данной дипломной работы** является проектирование и разработка веб-приложения, которое по результатам опроса пользователя подбирает стиль макияжа и виртуально примеряет его на фотографию с помощью алгоритмов компьютерного зрения. В соответствии с поставленной целью предполагается **решение следующих задач:**

1. Провести детальный анализ предметной области, выявить недостатки и ограничения существующих решений и обосновать необходимость создания веб-приложения.
2. Составить техническое задание на разработку системы.
3. Разработать основные проектные решения, включая построение информационной модели (ER-диаграмма), проектирование структуры и поведения приложения с помощью языка моделирования UML, а также обосновать выбор клиент-серверной архитектуры.

4. Произвести выбор технологического стека для реализации задачи и разработать эскизы пользовательских интерфейсов, ориентированные на типичные сценарии взаимодействия.
5. Реализовать ключевой функционал системы.

**Структура работы.** Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованных источников.

Первый раздел посвящён анализу предметной области и постановке задачи: выполнен обзор существующих решений, выявлены их недостатки, обоснована необходимость создания веб-приложения, сформулировано техническое задание.

Второй раздел содержит проектирование информационной модели приложения: построена ER-диаграмма базы данных, разработаны UML-диаграммы, обоснована трёхуровневая клиент-серверная архитектура.

Третий раздел охватывает программную реализацию: выбор технологического стека, разработка серверной логики и пользовательского интерфейса, а также тестирование системы.

**В первом разделе** «Анализ предметной области и постановка задачи» проводится комплексный анализ предметной области цифровых beauty-технологий и обосновывается целесообразность создания веб-приложения для интеллектуального подбора и виртуальной примерки макияжа. Обзор современного рынка показывает, что рекомендательные и визуализационные системы эволюционировали от статичных электронных каталогов к сложным платформам, интегрирующим алгоритмы искусственного интеллекта, компьютерного зрения и дополненной реальности. В работе детально исследованы функциональные возможности и архитектурные особенности ведущих отраслевых решений: Sephora Virtual Artist, YouCam Makeup, Olay Skin Advisor и L'Oréal Perso. Установлено, что, несмотря на высокую технологическую зрелость и точность трекинга лицевой геометрии, данные платформы преимущественно ориентированы на коммерческую визуализацию товарных линеек и стимулирование покупок, а не на генерацию персональных образов. Существующие аналоги не учитывают ситуационный контекст мероприятия, фундаментальные принципы визажа и цветоведения, а также не адаптируют технику нанесения под индивидуальную морфологию и цветотип пользо-

вателя. Дополнительным фактором, усиливающим актуальность исследования, является ограниченная доступность большинства зарубежных сервисов на территории Российской Федерации, что формирует выраженный дефицит отечественных цифровых инструментов для стилистической поддержки.

Обоснование необходимости разработки базируется на выявлении трёх системных проблем, с которыми сталкивается конечный потребитель: дефицит профильных знаний в области колористики и гармонизации оттенков (согласно отраслевой статистике, до 30% декоративной косметики, приобретённой дистанционно, не используется из-за визуальной дисгармонии с внешностью), отсутствие чётких критериев уместности макияжа для различных жизненных сценариев, а также когнитивная перегрузка, возникающая при самостоятельном ручном переборе сотен альтернатив.

На основе проведённого анализа предметной области и потребностей целевой аудитории сформулировано техническое задание на разработку информационной системы. Закреплены целевое назначение, объект автоматизации, а также перечень требований, определяющих дальнейшее проектирование. Разрабатываемое веб-приложение должно быть реализовано по клиент-серверной архитектуре и функционировать в среде стандартного веб-браузера. Одной из ключевых проектных установок является отсутствие необходимости установки клиентского программного обеспечения и прохождения процедуры регистрации, что гарантирует мгновенный доступ к функционалу и снижает порог входа для пользователя.

Технические требования предусматривают асинхронный обмен данными, хранение информации в реляционной базе данных и время отклика не более нескольких секунд на типовом оборудовании. Важным условием является полная анонимность работы: система не собирает и не сохраняет персональные данные.

В функциональной части закреплены следующие возможности: прохождение интерактивного опроса из пяти вопросов, автоматический подбор стиля, загрузка фотографий, интеграция модуля компьютерного зрения, а также интерфейс для просмотра и скачивания итогового изображения.

Таким образом, первая глава содержит обоснование актуальности разработки, детальный анализ существующих решений с выявлением их недо-

статков, формулировку проблем целевой аудитории и полное техническое задание, которое определяет дальнейшее проектирование и реализацию веб-приложения.

**Во втором разделе** «Проектирование информационной модели приложения» выполнено проектирование информационной модели и архитектуры, разработаны UML-диаграммы и детально описан детерминированный экспертный алгоритм рекомендательного движка

Проектирование базы данных основывалось на принципе полного отказа от хранения персональных данных. В результате анализа требований была разработана лаконичная схема, включающая всего две сущности: «Стиль макияжа» (`makeup_style`) и «Результат примерки» (`makeup_result`), связанные отношением «один ко многим».

Сущность «Стиль макияжа» включает следующие атрибуты: первичный ключ, название стиля, категорию (`nude`, `evening`, `bright`), краткое описание, а также набор цветовых параметров для различных зон лица. Хранение цветов выбрано в формате JSON, так как это позволяет модулю компьютерного зрения одной операцией прочитать всю палитру стиля и сразу приступить к наложению макияжа, не выполняя дополнительных запросов к связанным таблицам. Такой подход обеспечивает высокую скорость обработки изображения, что критически важно для положительного пользовательского опыта. Дополнительные атрибуты — счётчик применений (`usage_count`) и флаг активности (`is_active`) — введены для сбора минимальной обезличенной статистики и возможности временно отключать отдельные образы без удаления записей.

Сущность «Результат примерки» фиксирует каждый факт применения макияжа к загруженной пользователем фотографии. Запись содержит идентификатор и название применённого стиля (название продублировано для ускорения выборки без JOIN-операций), временную метку создания, а также пути к исходному и обработанному изображениям на сервере. Эти данные используются исключительно для отображения пользователю его собственного результата в рамках текущей сессии.

В качестве системы управления базами данных выбран SQLite, не требующий установки отдельного сервера и хранящий всю базу в одном файле. Для

работы с базой из кода применяется ORM-библиотека SQLAlchemy, которая абстрагирует логику от конкретной СУБД и при необходимости позволяет перейти на PostgreSQL без переписывания кода. На основании описанной модели была построена ER-диаграмма, наглядно демонстрирующая схему хранения данных.

Для документирования структуры и поведения системы применён унифицированный язык моделирования UML. Разработаны диаграмма вариантов использования, две диаграммы последовательности ключевых сценариев и диаграмма классов.

Диаграмма вариантов использования описывает взаимодействие анонимного «Пользователя» с шестью прецедентами: прохождение опроса, получение рекомендации, ручной выбор стиля, загрузка фотографии, применение виртуального макияжа и скачивание результата. Связи «include» и «extend» определяют обязательные и опциональные зависимости, обеспечивая гибкость сценария: пользователь может воспользоваться автоматическим подбором или самостоятельно задать параметры образа.

Первая диаграмма последовательности детализирует процесс опроса и расчёта рекомендации. После заполнения пятого вопроса браузер формирует JSON-объект и асинхронно отправляет его на эндпоинт `/api/calculate-makeup`. Сервер FastAPI передаёт данные движку рекомендаций, который на основе справочника из БД вычисляет оптимальный стиль и возвращает его идентификатор. Результат сохраняется в клиентском хранилище с автоматическим переходом к этапу загрузки.

Вторая диаграмма описывает цикл виртуальной примерки. После клиентской валидации файл отправляется на `/api/apply-makeup`. Сервер сохраняет изображение под уникальным именем и инициирует работу модуля компьютерного зрения. При успешной детекции лица выполняется наложение маски, метаданные фиксируются в таблице результатов, обновляется счётчик использования стиля, а клиенту возвращается ссылка на готовый файл. В случае ошибки детекции временные данные удаляются, а пользователю возвращается уведомление.

Диаграмма классов и общая архитектура системы реализованы по трёхуровневому принципу. Уровень хранения данных представлен ORM-

моделями `MakeupStyle` и `MakeupResult`, управляемыми через `SQLAlchemy` и размещёнными в `SQLite`. Уровень бизнес-логики инкапсулирует классы `MakeupRecommendationEngine` (детерминированный экспертный алгоритм) и `VirtualMakeupApplier` (обработка изображений через `MediaPipe` и `OpenCV`). Уровень маршрутизации координирует HTTP-запросы, валидацию входных параметров и взаимодействие с слоями. Все зависимости между классами строго однонаправлены, что исключает циклические ссылки и упрощает модульное тестирование. Клиентская часть обменивается данными с сервером исключительно через асинхронные запросы, обеспечивая отзывчивость интерфейса без полной перезагрузки. Такая модульная структура гарантирует независимое масштабирование компонентов и возможность замены СУБД или веб-фреймворка без переработки ядра системы.

Центральным компонентом бизнес-логики является детерминированный экспертный алгоритм. Он работает в три этапа.

На первом этапе качественные ответы пользователя на пять вопросов опроса (цвет глаз, цвет волос, тип мероприятия, цветовые предпочтения, желаемый общий стиль) преобразуются в числовые баллы по заранее определённым шкалам. Шкалы формализуют знания в области колористики и визажа: например, карие глаза получают более высокий балл, поскольку диктуют определённую тёплую палитру, а торжественное мероприятие допускает более яркий и насыщенный макияж по сравнению с повседневным образом.

На втором этапе вычисляется взвешенная сумма баллов по всем пяти вопросам. Низкие значения итоговой суммы соответствуют максимально естественному образу, высокие — более насыщенному, контрастному и яркому макияжу. На третьем этапе функция нормализации отображает взвешенную сумму в целочисленный идентификатор от 1 до 9, соответствующий одному из девяти предопределённых стилей трёх категорий: «nude» (нюдовый), «evening» (вечерний) и «bright» (яркий). Если пятый вопрос явно задаёт предпочтительную категорию, алгоритм выполняет дополнительную корректировку, ограничивая выбор стилями соответствующей группы. Это повышает персонализацию и гарантирует соответствие результата запросу пользователя. После вычисления идентификатора движок извлекает из справочника

полную информацию о стиле, включая цветовую палитру в формате BGR, и передаёт её в модуль компьютерного зрения.

Таким образом, во второй главе спроектирована информационная модель, разработаны UML-диаграммы, обоснована трёхуровневая клиент-серверная архитектура и детально описан детерминированный экспертный алгоритм рекомендательного движка.

**В третьем разделе «Реализация»** подробно описывается программная реализация разработанного веб-приложения для интеллектуального подбора и виртуальной примерки макияжа. Базовым языком программирования выступил Python. Серверная часть построена на базе фреймворка FastAPI, который выступает в роли управляющего центра: он принимает запросы от пользователей, проверяет корректность данных и координирует взаимодействие между страницами сайта, базой данных и модулями обработки изображений. Благодаря асинхронной работе сервер может одновременно обрабатывать несколько подключений, не задерживая выполнение тяжёлых задач, например, распознавания лица на фотографии.

Архитектура приложения спроектирована по принципу модульности: исходный код разделён на отдельные файлы, каждый из которых решает свою задачу. Файл `main.py` содержит настройки сервера, определяет адреса страниц и обрабатывает входящие запросы. Модуль `models.py` описывает структуру реляционной базы данных с помощью библиотеки SQLAlchemy, такой подход обеспечивает безопасное хранение информации, автоматическое управление операциями записи и упрощает потенциальный переход на более мощные системы хранения данных в будущем без переписывания основной логики. Вычислительное ядро системы сосредоточено в модуле `virtual_makeup.py`, который реализует последовательную обработку изображений: загружает файл, находит лицо с помощью библиотеки MediaPipe, определяет 478 ключевых точек, строит контуры для целевых зон (губы, брови, веки), создаёт цветовые маски средствами OpenCV, сглаживает резкие границы и полупрозрачно накладывает цвет на исходное фото для сохранения естественного вида кожи. Логика интеллектуального подбора образа инкапсулирована в файле `makeup_engine.py`, где реализован чёткий алгоритм на основе экспертных правил: он переводит качественные ответы анкеты в числовые баллы,

суммирует их и определяет номер подходящего стиля. Запуск приложения осуществляется через стартовый скрипт `gulp.ru`, который включает автоматическое обновление программы при изменении кода, что существенно ускоряет процесс разработки и проверки.

Инициализация базы данных автоматизирована и привязана к событию запуска сервера. При старте система проверяет наличие таблиц в хранилище, если структура отсутствует, библиотека `SQLAlchemy` автоматически создаёт её на основе объявленных моделей. Сразу после этого выполняется первичное наполнение справочника: в таблицу загружаются девять предопределённых стилей макияжа с их названиями, категориями и цветовыми настройками. Данный подход исключает необходимость ручного создания таблиц перед работой: при повторных запусках программа проверяет, есть ли уже данные, и пропускает этот шаг. Все операции с базой выполняются в рамках безопасных сессий с автоматическим закрытием соединений, что предотвращает ошибки и блокировки файлов даже при непредвиденных сбоях.

Клиентская часть приложения разработана на стандартных веб-технологиях (`HTML5`, `CSS3`, `JavaScript`) без привлечения тяжёлых сторонних библиотек, что снижает объём передаваемых данных и гарантирует работу во всех современных браузерах. Пользовательский сценарий выстроен по простой линейной траектории: на главной странице пользователь знакомится с функционалом, затем последовательно отвечает на пять вопросов анкеты, сопровождаемой визуальным индикатором прогресса. После завершения опроса система отображает подобранный стиль и перенаправляет на экран загрузки фотографии. На этом этапе предусмотрен ручной выбор: пользователь может принять рекомендацию или самостоятельно выбрать один из девяти образов. Все обмены данными с сервером реализованы в фоновом режиме через асинхронные запросы, что обеспечивает плавное обновление контента без полной перезагрузки страницы. Визуальное оформление выполнено в нежно-розовой гамме с акцентом на простоту и чёткую иерархию. Крупные кнопки, плавные переходы, зона перетаскивания файлов и понятные системные сообщения делают интерфейс доступным для пользователей с разным уровнем цифровой грамотности.

Проверка работоспособности системы проводилась по трём направлениям: тестирование серверной логики и алгоритма рекомендаций, оценка точности модуля компьютерного зрения на разных фотографиях и проверка клиентского интерфейса в актуальных браузерах. В ходе функциональной проверки подтверждена корректность обработки всех комбинаций ответов анкеты, устойчивость к нештатным ситуациям и вывод понятных сообщений при нарушении формата данных или превышении размера файла. Модуль компьютерного зрения продемонстрировал стабильное распознавание лица при стандартном освещении и фронтальном ракурсе, а также корректную реакцию на сложные условия (плохой свет, поворот головы, очки или чёлка), возвращая инструкцию вместо аварийного завершения. Клиентская часть успешно прошла проверку в браузерах, сохранив адаптивность вёрстки и плавность работы. Среднее время обработки одного изображения составило от двух до четырёх секунд на типовом оборудовании, что полностью укладывается в требования интерактивных веб-сервисов. По результатам испытаний установлено, что разработанное приложение соответствует техническому заданию, работает стабильно и готово к использованию.

**Заключение.** В ходе выполнения выпускной квалификационной работы спроектировано и программно реализовано веб-приложение для интеллектуального подбора и виртуальной примерки макияжа. Проведённый анализ предметной области выявил системные ограничения существующих коммерческих VTO-решений, которые преимущественно фокусируются на визуализации каталогов товаров, но не генерируют персонализированные рекомендации с учётом анатомии лица и контекста мероприятия. На основе выявленных проблем сформулирована цель работы, разработано техническое задание и спроектирована трёхуровневая клиент-серверная архитектура. Информационная модель реализована в виде минималистичной реляционной схемы (SQLite + SQLAlchemy), что обеспечило отказ от накопления персональных данных, анонимность сессий и высокую скорость отклика системы.

Все задачи, поставленные во введении, решены в полном объёме. Клиентская часть разработана на стандартных веб-технологиях (HTML5, CSS3, JavaScript) с асинхронным обменом данными, что исключает полную перезагрузку страниц. Серверная логика построена на асинхронном фреймворке

FastAPI, обеспечивающем неблокирующую обработку параллельных запросов. Ключевые модули успешно интегрированы: детерминированный движок рекомендаций преобразует качественные ответы опроса в числовые параметры и сопоставляет их с эталонными стилями, а модуль компьютерного зрения (MediaPipe + OpenCV) выполняет детекцию 478 лицевых ориентиров, генерацию цветowych масок и полупрозрачное наложение с сохранением естественной текстуры кожи. Комплексное тестирование подтвердило стабильную работу всех компонентов, корректную обработку ошибок валидации и отказоустойчивость системы при нештатных сценариях загрузки файлов.

Практическая значимость работы заключается в создании готового к внедрению прототипа, который может быть интегрирован в экосистемы beauty-ритейлеров, салонов красоты или использоваться как самостоятельный сервис. Система работает через браузер без установки дополнительного ПО, не требует регистрации и обеспечивает мгновенную визуализацию результата. Для дальнейшего развития рекомендуется внедрить потоковую обработку видео с веб-камеры для примерки в реальном времени, дополнить рекомендательный движок нейросетевым анализом цветотипа по загруженному фото, а также расширить справочник стилей за счёт сезонных трендов и прямой интеграции с каталогами косметических брендов. Модульная архитектура приложения позволяет масштабировать серверную часть и добавлять новые алгоритмы машинного обучения без переработки базовой логики маршрутизации.

Оценка эффективности предложенного решения показывает его конкурентоспособность в сегменте лёгких веб-сервисов. Среднее время обработки одного изображения составляет 2–4 секунды на типовом оборудовании, что полностью укладывается в требования интерактивных веб-приложений. В отличие от коммерческих аналогов (Sephora Virtual Artist, YouCam Makeup), разрабатываемая система не привязана к стимулированию продаж конкретных товарных позиций, снижает когнитивную нагрузку за счёт экспертного подбора образа вместо ручного перебора вариантов и гарантирует полную конфиденциальность загружаемых материалов. Точность детекции лица и качество наложения маски соответствуют современным стандартам VTO-систем, при этом архитектура оптимизирована для быстрого развёртывания,

прозрачной отладки и поддержки без необходимости обучения нейросетевых моделей.

Таким образом, цели и задачи выпускной квалификационной работы полностью достигнуты. Разработанное веб-приложение соответствует техническому заданию, демонстрирует высокую производительность, надёжность и удобство использования. Полученные результаты могут быть применены в практике разработки рекомендательных систем и сервисов дополненной реальности, а также служить технологической основой для коммерческого продукта в digital beauty-индустрии.