

Научная статья

УДК 658.64

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.12.20.015

Проектирование информационной системы на основе применения алгоритмов машинного обучения для управления школой танцев

Татьяна Вячеславовна Павлович¹

Маргарита Владимировна Моругова¹

Виктория Алексеевна Данилова²

¹Российский технологический университет МИРЭА, Москва, Россия

²Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия

Автор ответственный за переписку: Виктория Алексеевна Данилова,
victory.danilova2021@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальность автоматизации деятельности школ танцев, которая связана с необходимостью ускорения и повышения качества процессов обработки и анализа данных о клиентах или учениках, финансовых результатах, проведенных занятиях. Механизация процессов взаимодействия с клиентами обеспечивает расширение масштабов деятельности и повышение лояльности учеников, сохраняя текущий уровень рентабельности по операционной прибыли. Также данная актуальность обусловлена возможностью сохранения данных за прошлые периоды и построения прогнозов для планирования деятельности школы на долгосрочный и среднесрочный горизонты. Кроме того, автоматизация процессов помогает лучше понять потребности целевой аудитории и развить индивидуальный подход к обучению, а также повысить качество обучения и уровень сервиса для учащихся, среди которых есть дети и их родители. В настоящее время автоматизация управления школой танцев становится все более доступной благодаря развитию специализированных программных решений. Это включает в себя программы для учета и планирования занятий, системы управления финансами и отчетности, CRM-системы для управления взаимодействием с учениками и ведения клиентской базы. В случае занятий с юными учениками, современные ИТ-технологии могут обеспечить дистанционное наблюдение родителей за их детьми, что позволяет родителям отслеживать динамику их развития и подготовки на занятиях по танцам. В данной статье рассматривается проектирование и внедрение информационной системы для управления школой танцев с использованием алгоритмов машинного обучения и описанием необходимого функционала для обеспечения эффективной работы организации.

Ключевые слова: информационные системы, школа танцев, автоматизация образовательной среды, прогноз оттока учеников, регрессионная модель, машинное обучение

Для цитирования: Павлович Т.В., Моругова М.В., Данилова В.А. Проектирование информационной системы с использованием алгоритмов машинного обучения для управления школой танцев // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 94-108.
<https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.12.20.015>

Original article

Designing an information system based on the application of machine learning algorithms for the management of a dance school

Tatyana V. Pavlovich¹

Margarita V. Morugova¹

Victoria A. Danilova²

¹*Russian Technological University MIREA, Moscow, Russia*

²*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, Russia*

Corresponding author: Victoria A. Danilova, victory.danilova2021@mail.ru

Abstract. The article discusses the relevance of automation of dance schools, which is associated with the need to accelerate and improve the quality of processing and analyzing data on clients or students, financial results, and lessons. Mechanization of the processes of interaction with clients ensures the expansion of the scale of activity and increase in the loyalty of students, while maintaining the current level of profitability in terms of operating profit. This relevance is also due to the ability to save historical data and build forecasts for planning the school's activities for the long-term and medium-term horizons. In addition, automation of processes helps to better understand the needs of the target audience and develop an individual approach to learning, as well as to improve the quality of education and the level of service for students, including children and their parents. Nowadays, automation of dance school management is becoming more and more accessible due to the development of specialized software solutions. This includes programs for recording and scheduling classes, financial management and reporting systems, CRM systems for managing interaction with students and maintaining a client base. In the case of classes with young students, modern IT technologies can provide remote monitoring of parents for their children, allowing parents to track the dynamics of their development and training in dance classes. This paper discusses the design and implementation of an information system for managing a dance school using machine learning algorithms and describing the necessary functionality to ensure the effective operation of the organization.

Keywords: Information systems, dance school, automation of educational environment, prediction of student churn, regression model, machine learning

For citation: Pavlovich T.V., Morugova M.V., Danilova V.A. Designing an information system using machine learning algorithms to manage a dance school // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 2 (33). С. 94-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.12.20.015>

Введение

В современном мире технологии активно проникают в различные сферы деятельности, в том числе и образование. Одной из областей, где автоматизация процессов становится все более востребованной, является управление школой танцев. Современные школы танцев работают в высококонкурентной среде, и для удержания лидирующих позиций на рынке этим организациям необходимо предоставлять качественное образование и тренировки в различных направлениях танцевального искусства с четким и эффективным управлением.

Автоматизация процессов управления школой танцев предоставляет возможность предсказуемого контроля над всеми аспектами образовательного процесса, что, в свою очередь, способствует росту эффективности и конкурентоспособности учебного заведения.

В данной статье рассмотрены основные аспекты автоматизации управления школой танцев, ее преимущества и перспективы развития в данной области.

Цель проектирования информационной системы для автоматизации процессов управления школы танцев

В современном образовании школы танцев играют важную роль в формировании и развитии учащихся, предоставляя им возможность развивать творческие способности, физическое здоровье и социальные навыки. Однако, управление школой танцев включает в себя множество административных задач, которые требуют значительных временных и ресурсных затрат. В этом контексте внедрение информационной системы для автоматизации процессов управления становится крайне актуальным. Постоянный поток данных, необходимость оперативного учета и анализа информации, а также повышенные ожидания клиентов в области качественного обучения и сервиса, делают внедрение информационной системы не только желательным, но и неотъемлемым элементом современной школы танцев [1].

Прежде всего, автоматизация процессов управления школой танцев позволяет оптимизировать административные задачи, такие как ведение расписания занятий, учет посещаемости учеников, контроль финансовых операций и взаимодействие с родителями. Это способствует снижению нагрузки на персонал школы и повышению эффективности работы. Автоматизация управления школой танцев через внедрение информационной системы позволяет значительно улучшить оперативность принятия управленческих решений, минимизировать человеческий фактор при учете и анализе данных, а также повысить уровень взаимодействия между персоналом, учащимися и их родителями.

С развитием цифровых технологий и доступностью информационных ресурсов, внедрение информационной системы управления школой танцев также способствует улучшению коммуникации между учителями, учениками и их родителями. Это создает более открытую и прозрачную образовательную среду, способствует повышению уровня доверия и улучшению взаимоотношений между всеми участниками образовательного процесса.

На (Рис.1) представлены основная цель и задачи проектирования и внедрения ИС для школы танцев «Wings».

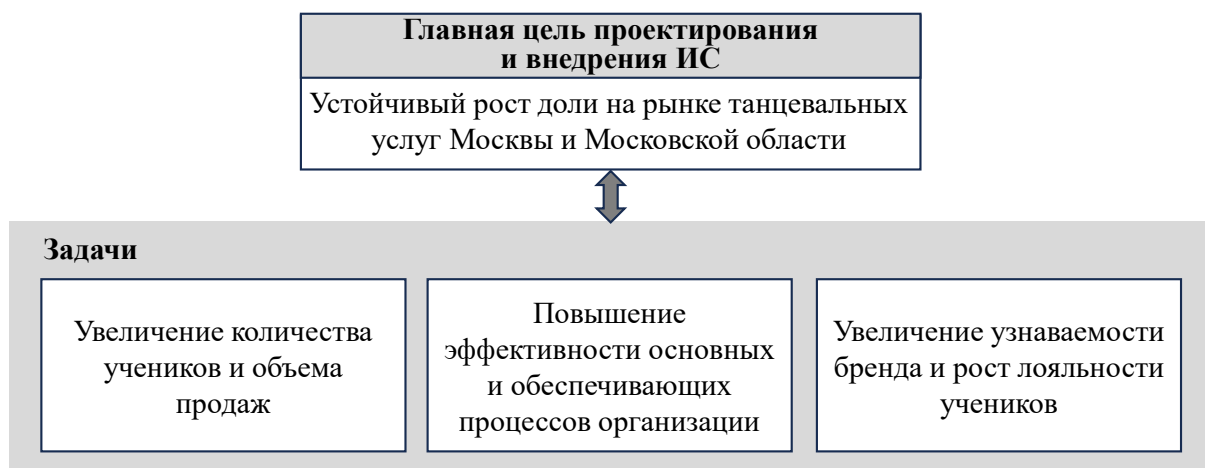


Рис.1. Цель и задачи проектирования ИС

Самая главная особенность проектируемой ИС – это предоставление возможности для родителей маленьких учеников в режиме реального времени удаленно наблюдать за занятиями их детей. До внедрения ИС родители могли наблюдать занятия их детей только раз в полгода на открытом уроке. Это не только преимущество проектируемой системы, но и ее отличительная черта от других ИС такого назначения.

Для проектирования системы была создана карта процессов для визуализации ключевых аспектов деятельности организации, представленная на (Рис.2) [2].



Рис.2. Карта процессов деятельности школы танцев «Wings»

Таким образом, в этом разделе была определена цель проектирования информационной системы и создана карта процессов деятельности школы танцев.

Предлагаемая бизнес-модель для управления школой танцев

Предлагаемая бизнес-модель направлена на решение вышеописанных проблем и создание ИС для управления школой танцев.

Целью предлагаемой бизнес-модели для управления школой танцев является создание устойчивой и эффективной системы, которая обеспечивает высокое качество обучения, привлекает новых клиентов и обеспечивает финансовую устойчивость организации. Эта модель основывается на использовании информационных технологий для автоматизации процессов управления и улучшения взаимодействия с клиентами.

На (Рис.3-10) представлены диаграммы в нотации IDEF0. На них подробно описаны автоматизируемые проектируемой ИС процессы, пользователи системы и перечень отчетов, которые будут генерироваться в системе.

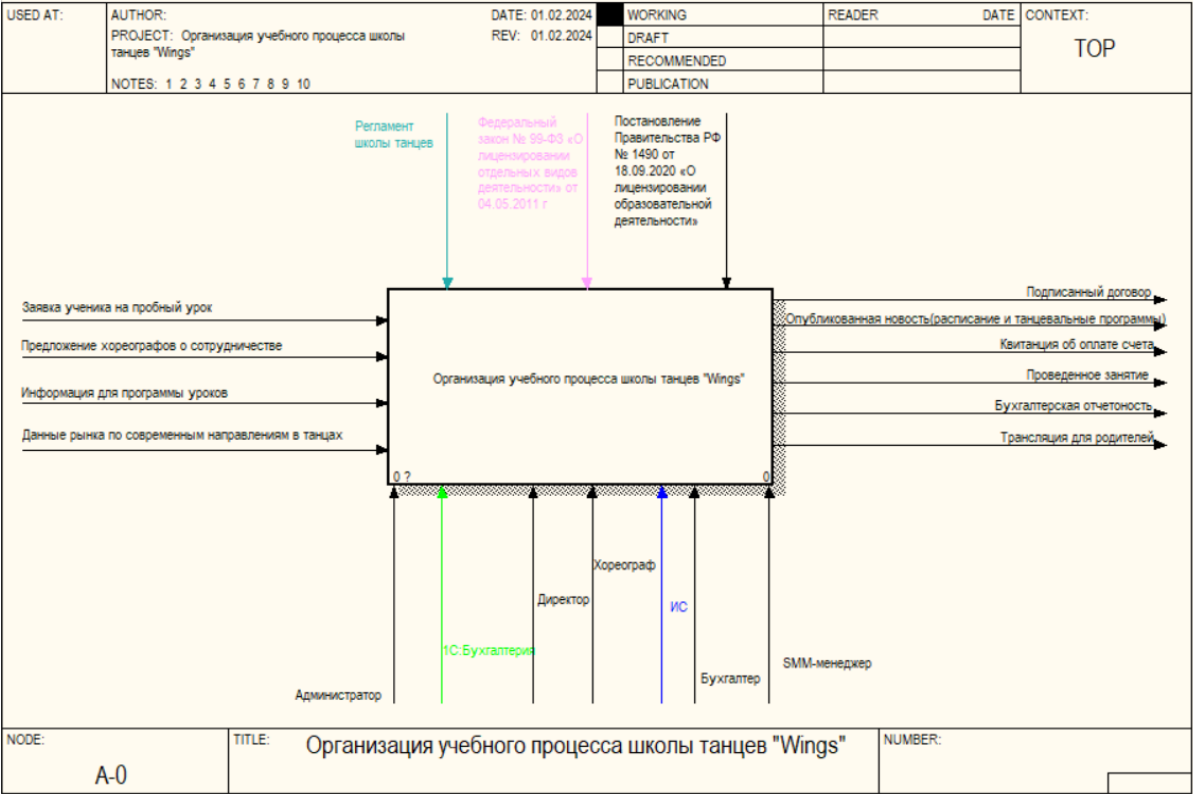


Рис.3. Контекстная диаграмма организации учебного процесса школы танцев «Wings»

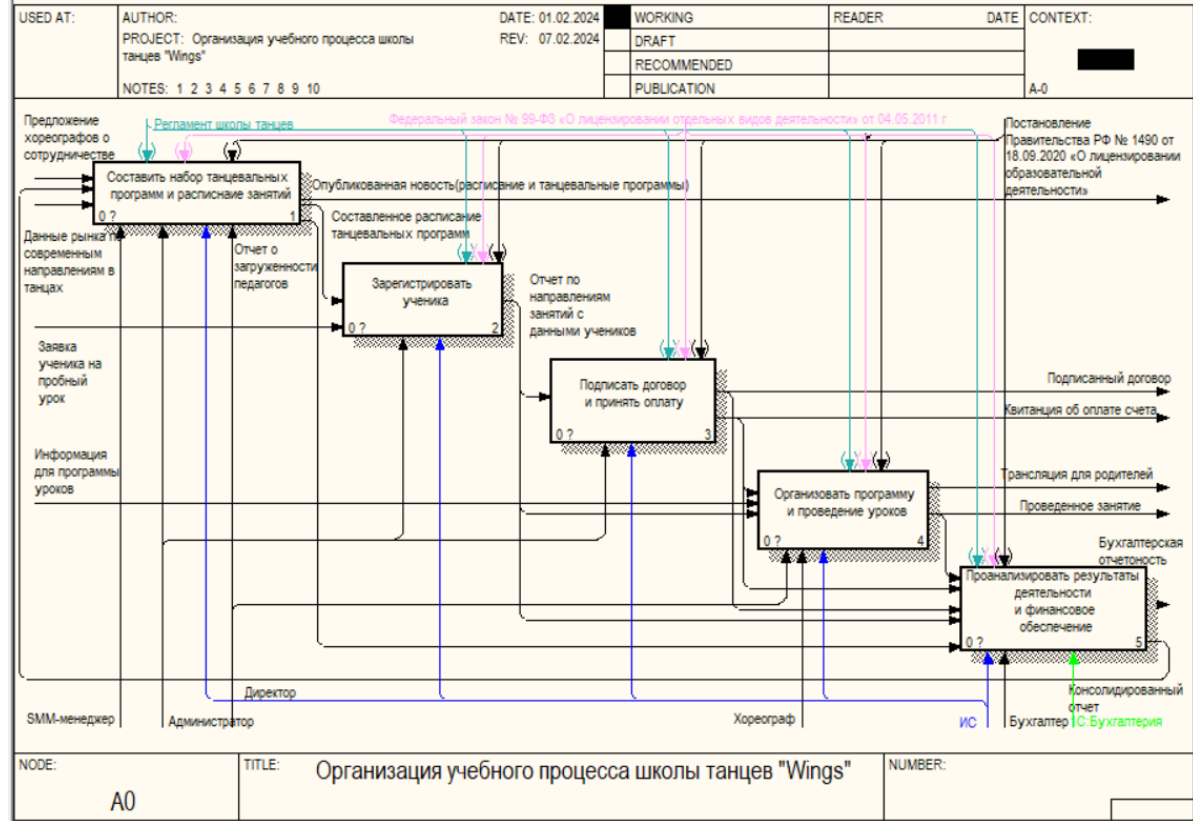


Рис.4. Бизнес-процессы верхнего уровня

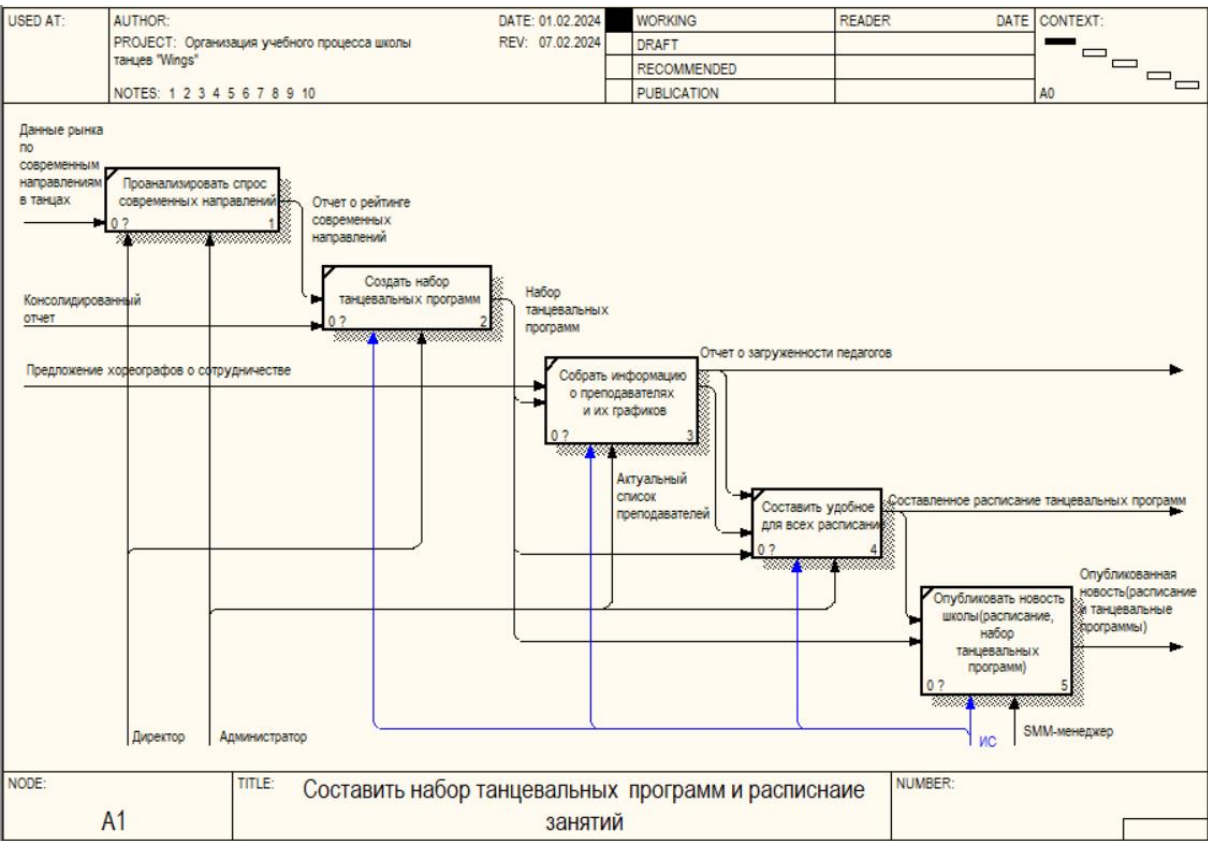


Рис.5. Декомпозиция подпроцесса «Составить набор танцевальных программ и расписание занятий»

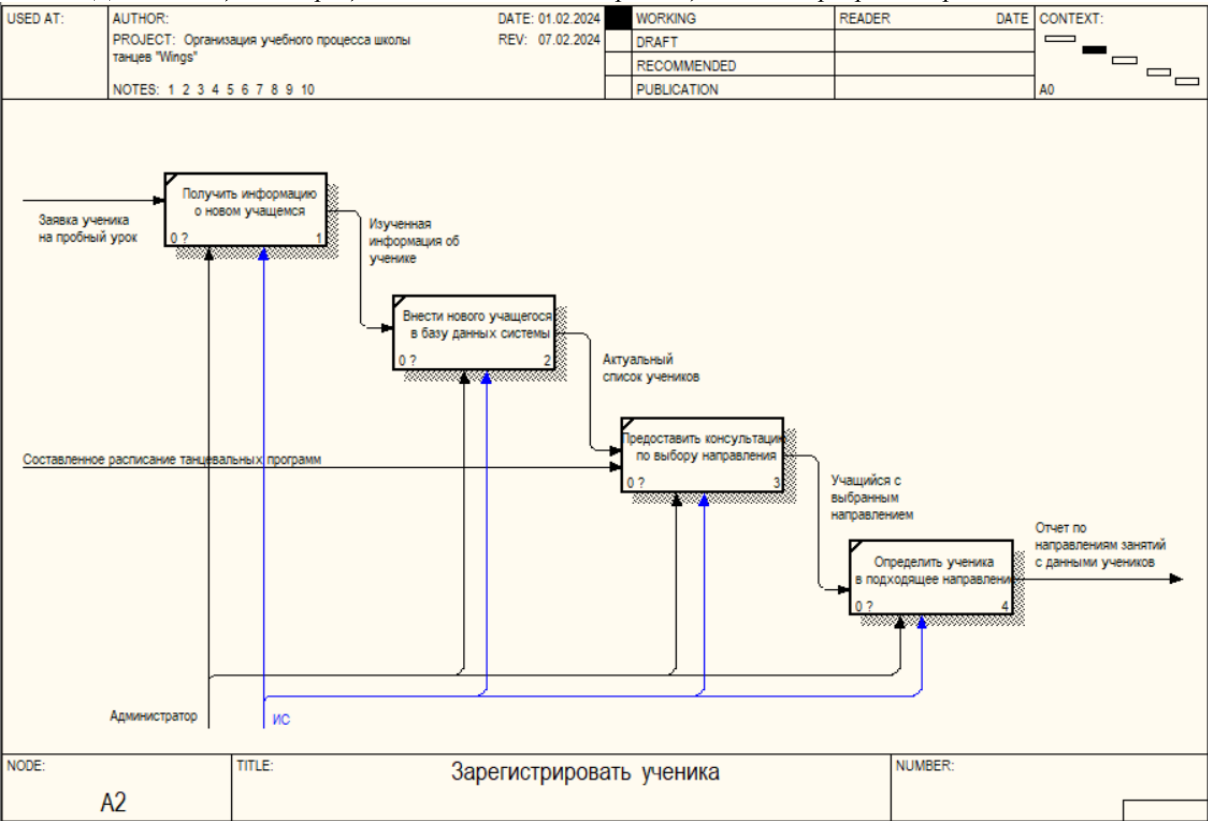


Рис.6. Декомпозиция подпроцесса «Зарегистрировать ученика»

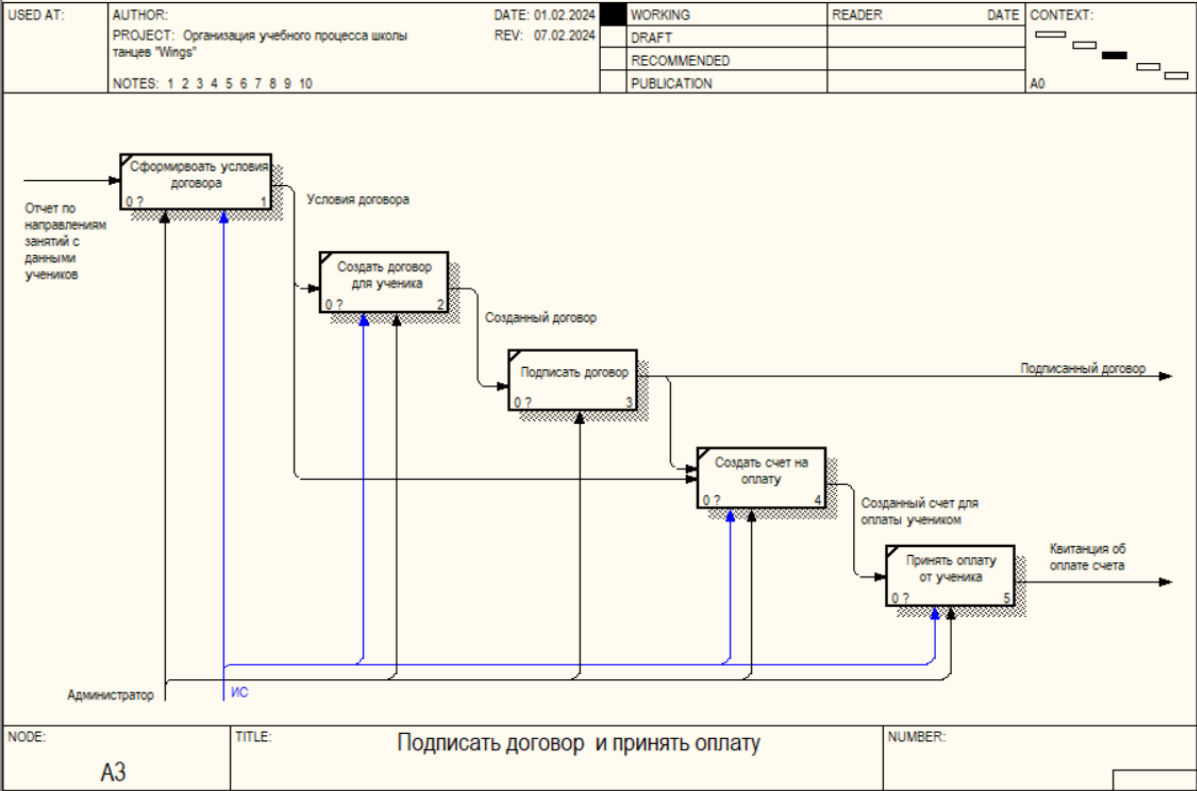


Рис.7. Декомпозиция подпроцесса «Подписать договор и произвести оплату»

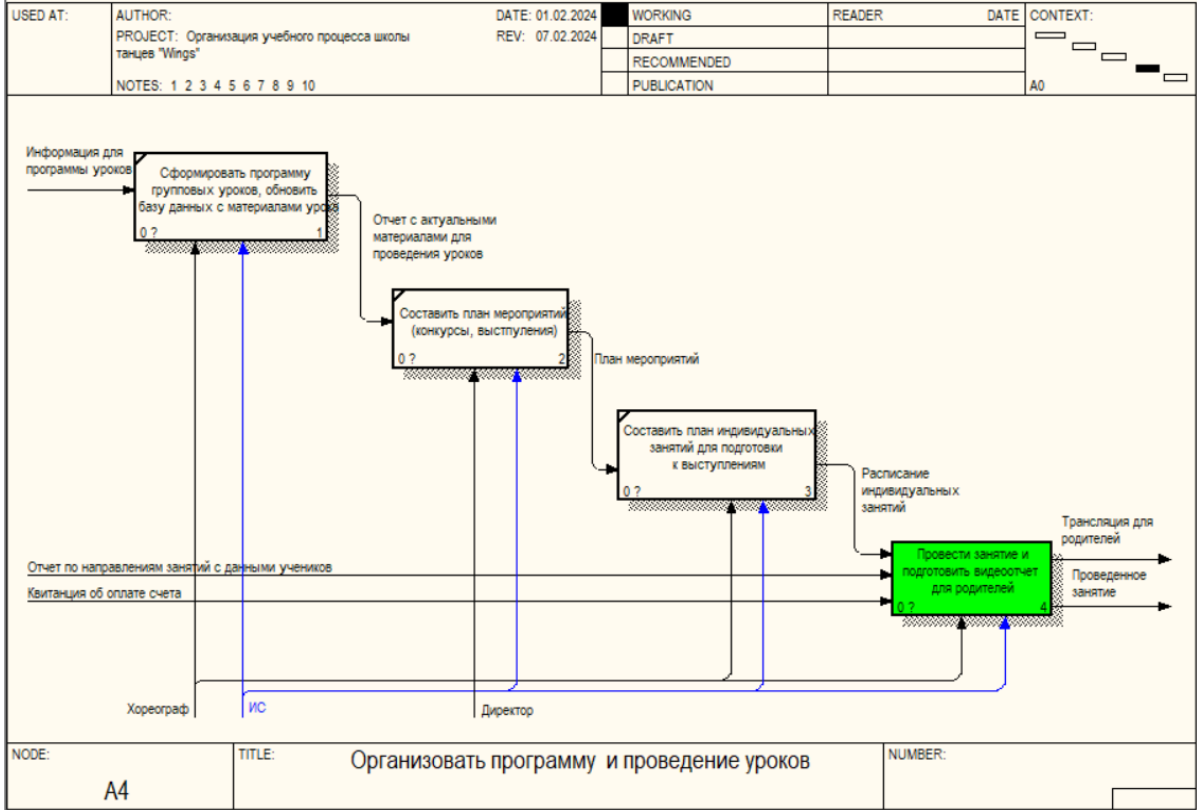


Рис.8. Декомпозиция подпроцесса «Организовать программу и проведение уроков»

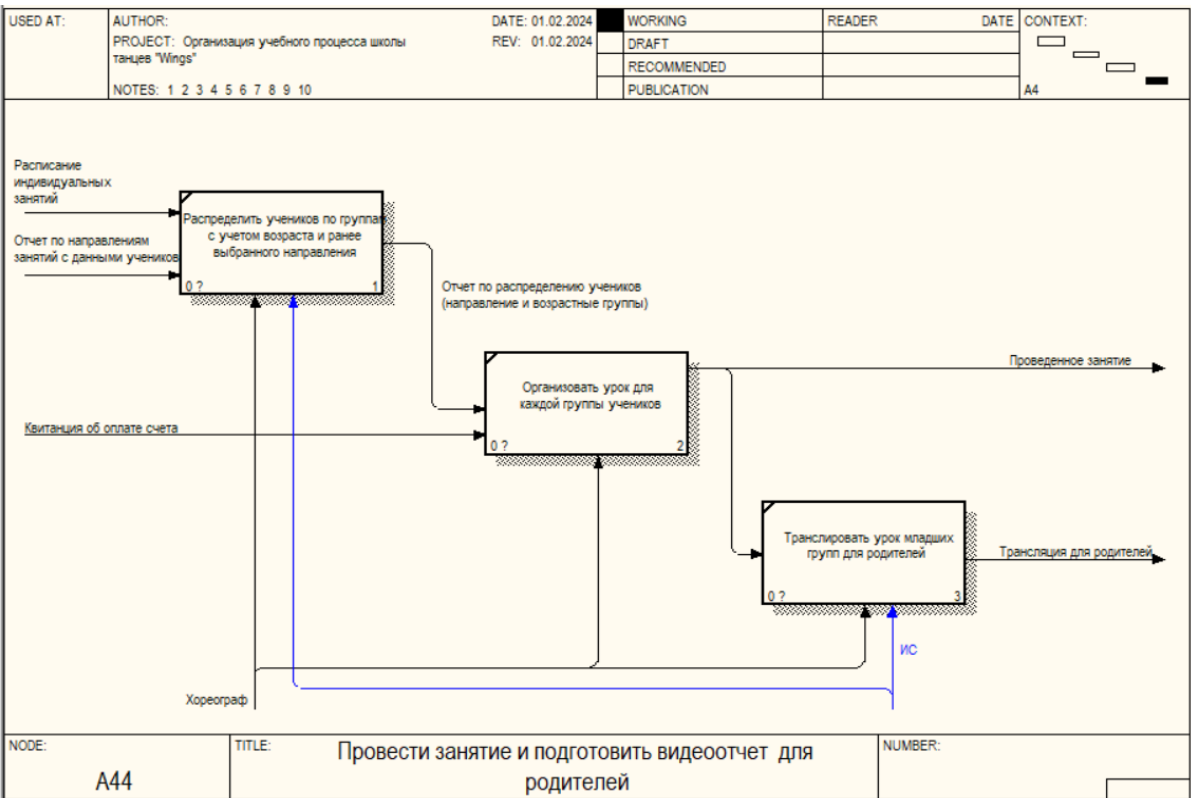


Рис.9. Декомпозиция подпроцесса «Провести занятие и подготовить видеоотчет для родителей»

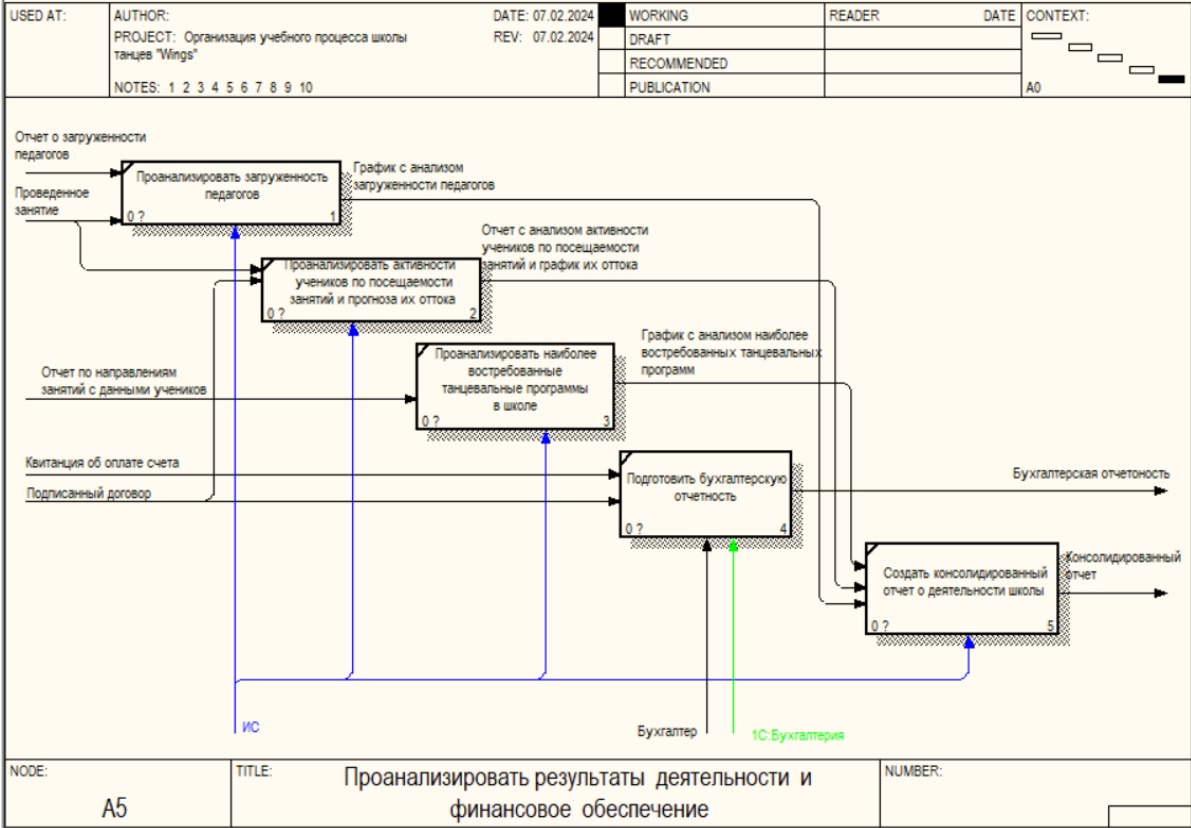


Рис.10. Декомпозиция подпроцесса «Проанализировать результаты деятельности и финансовое обеспечение»

В модели «to be» указаны документы, которые будут формироваться в проектируемой ИС. В (Табл.1) приведены основные документы проектируемой системы с их описанием.

Табл.1. Перечень документов проектируемой системы

Документ	Краткое описание
Входящие документы	
Заявка ученика на пробный урок	Документ, который заполняет ученик или его родитель, для того чтобы пройти пробное занятие. У нас в системе это заполняется онлайн. В заявке обычно указываются личные данные ученика, выбранное направление обучения и предпочтительная дата и время проведения пробного урока.
Информация для программы уроков	Информация о необходимых материалах (музыка, видео и тд), которые используются в процессе проведения уроков. Этот отчет помогает педагогам и руководителям организовать и подготовить все необходимое для эффективного проведения занятий.
Предложения хореографов о сотрудничестве	Это предложения, высказанные хореографами о возможности сотрудничества в школе танцев. Выдвижение своей кандидатуры на должность хореографа.
Данные рынка по современным направлениям в танцах	Это информация о тенденциях развития современных направлений, которые пользуются наибольшим спросом на рынке. Эти данные могут включать информацию о популярности различных стилей танца, изменениях во вкусах и предпочтениях аудитории, росте или снижении спроса на определенные танцевальные жанры, а также о ключевых игроках и конкурентах данной индустрии.
Результатные документы	
Подписанный договор на обучение	Документ, устанавливающий официальное соглашение между образовательным учреждением и учеником (или его родителем). Договор обычно содержит условия обучения, расписание, стоимость обучения, права и обязанности сторон. Подписывая договор, обе стороны подтверждают свое согласие с указанными условиями.
Квитанция об оплате счета	Документ, подтверждающий факт оплаты счета. Квитанция содержит информацию о сумме платежа, дате и способе оплаты, а также данные о получателе платежа. Квитанция является важным документом для учета и документального подтверждения оплаты.
Отчет о рейтинге современных направлений	Отчет, который содержит информацию о рейтинге и оценке различных современных направлений. В отчете рассматриваются достоинства и недостатки каждого направления, исследуются тенденции и популярность среди учеников, а также предлагаются рекомендации для его улучшения.
Отчет о загруженности педагогов	Отчет, который содержит информацию о текущей загруженности педагогов. В отчете указывается количество занятий, которые проводит каждый педагог, их расписание и загрузка в разных направлениях. Этот отчет помогает руководству оптимизировать распределение нагрузки между

Документ	Краткое описание
	педагогами и эффективно планировать работу.
Отчет по направлениям занятий с данными учеников	Отчет, который содержит информацию о внесении нового ученика в определенное направление. В отчете указываются личные данные ученика, выбранное направление, а также дата начала занятий. Этот отчет нужен для регистрации и отслеживания новых учеников в системе.
Отчет с актуальными материалами для проведения уроков	Отчет, который содержит актуальную информацию для проведения занятий.
Отчет по распределению учеников (направление и возрастные группы)	Отчет, который содержит информацию о распределении учеников по различным направлениям обучения и возрастным группам. В отчете указывается количество учеников в каждом направлении и группе.
Составленное расписание танцевальных программ	Расписание танцевальных программ, составляется после анализа всех современных направлений. Определяет направления на предстоящий учебный год.
Актуальный список преподавателей	Это список, который содержит информацию о всех текущих преподавателях, работающих в школе танцев. Включает в себя их ФИО и контактные данные.
Актуальный список учеников	Это список, который содержит информацию обо всех текущих учениках, зарегистрированных в школе танцев. Включает в себя их ФИО и контактные данные.
Консолидированный отчет о деятельности школы	Содержит данные о фактической загруженности педагогов, активности учеников по посещаемости занятий и анализ наиболее востребованных танцевальных программ, а также прогноз ухода учеников. Периодичность данного отчета: один раз в полгода.

Одним из результатных документов является консолидированный отчет, включающий прогноз оттока учеников. Для этого прогноза предполагается внедрение алгоритма машинного обучения. Для данной функции системы был выбран алгоритм логистической регрессии, который позволит определять вероятность оттока того или иного ученика из школы танцев. Для руководства школы такой прогноз позволит разрабатывать индивидуальный подход к мотивации учеников и предотвращать их уходы.

Для внедрения данного алгоритма, необходимо выполнить следующие этапы [3-5]:

1. Сбор данных. Необходимо собрать данные о клиентах, включая их персональную информацию, историю посещений, уровень удовлетворенности, финансовые транзакции и любую другую доступную информацию. Для прогнозирования оттока также важно собирать данные о клиентах, которые ушли из школы танцев.
2. Подготовка данных. Следующим шагом будет очистка и подготовка собранных данных. Это включает в себя удаление дубликатов, заполнение пропущенных значений и преобразование данных в формат, пригодный для обучения модели.
3. Выбор модели ML. После подготовки данных необходимо выбрать подходящую модель ML для прогнозирования оттока клиентов. Как говорилось выше, была выбрана логистическая регрессия.

4. Обучение модели. С использованием подготовленных исторических данных (обучающая выборка) провести обучение модели для того, чтобы эта модель могла выявить закономерности и предсказать вероятности оттока учеников из школы танцев.

5. Внедрение модели. После успешного обучения модели, ее необходимо интегрировать в информационную систему для управления школой танцев. Модель может предсказывать вероятность оттока клиентов на основе новых данных.

6. Оценка и обновление. После внедрения модели необходимо периодически оценивать ее точность и качество предсказаний. При необходимости модель следует обновлять и улучшать на основе новых данных.

Как известно, все регрессионные модели могут быть записаны в виде формулы ниже [6]:

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Для решения проблемы задача регрессии может быть сформулирована иначе: вместо предсказания бинарной переменной предсказывается непрерывная переменная со значениями на отрезке $[0,1]$ при любых значениях независимых переменных. Это достигается применением следующего регрессионного уравнения (логит-преобразование):

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2)$$

где $f(x)$ — вероятность того, что произойдет интересное событие;

e — основание натуральных логарифмов 2,71...;

x — стандартное уравнение регрессии.

На (Рис.11) изображен график модели обучения логистической регрессии, где есть главная и мнимая диагонали. Данная модель будет разбивать выборку учеников на два класса – первый и нулевой. В первый класс попадают ученики, которые продолжают обучение в школе. В нулевом классе будут ученики с вероятностью ухода из школы. Если результат больше 0.5, то это первый класс, если меньше, то нулевой класс соответственно.

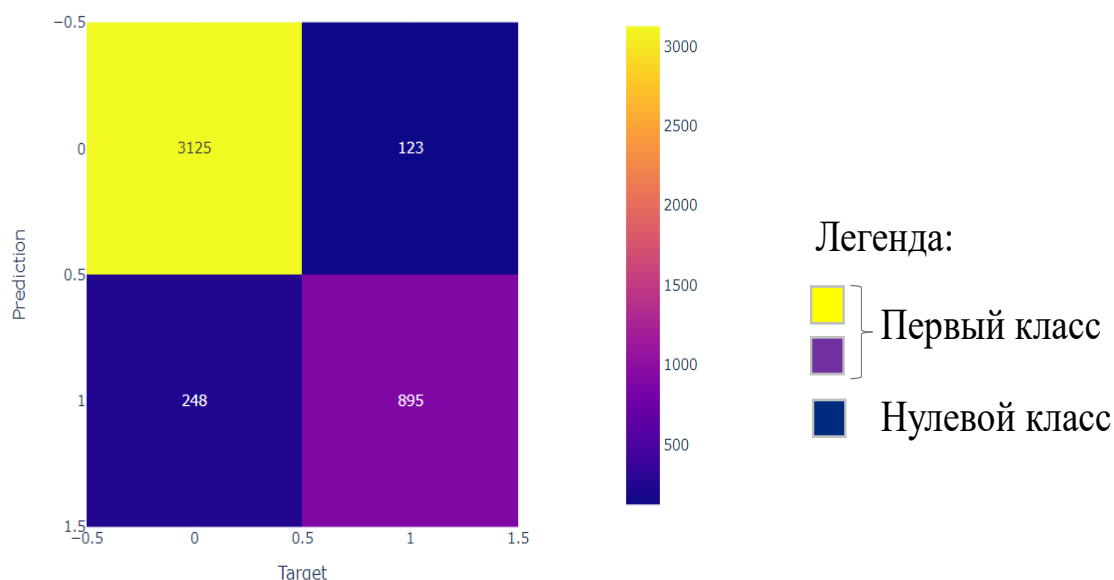


Рис.11. Модель обучения логистической регрессии

Внедрение алгоритмов машинного обучения для предсказания оттока клиентов поможет школе танцев лучше понять потребности своих клиентов и предпринимать эффективные меры по удержанию клиентуры.

Пользователи системы, требования к системе и отчеты

Как было отмечено выше, основной целью проектирования ИС для школы танцев «Wings» является повышение эффективности, увеличение количества учеников и, как следствие, расширение масштабов деятельности школы и усиление ее конкурентных преимуществ [7-8].

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- создать актуальную базу учеников;
- оптимизировать процессы рекламы и продвижения;
- снизить нагрузку на персонал (прежде всего, на администратора школы), связанную с ручным выполнением рутинных задач;
- добавить в ИС видеотрансляцию для родителей в режиме реального времени;
- снизить риски потери данных, так как все данные будут храниться в одной системе;
- создать единую базу для хранения информации, что снизит риски потери данных, так как все данные будут храниться в одной системе;
- обеспечить прогноз оттока клиентов;
- оптимизировать и обеспечить прозрачность процессов анализа результатов работы и отчетности.

В (Табл.2) приведены функциональные и нефункциональные требования к проектируемой информационной системе.

Табл.2. Функциональные и нефункциональные требования

Функциональные требования	Нефункциональные требования
Возможность использования единой базы данных, где хранится информация об учениках школы, хореографах, направлениях обучения, расписании занятий, а также материалы для уроков	Масштабируемость – система должна поддерживать рост и изменения объемов данных.
Возможность демонстрации онлайн трансляции занятий для родителей.	Надежность – система должна быть стабильной и надежной, должна работать без сбоев и ошибок.
Наличие нескольких ролей пользователей.	Защита данных – система должна предотвращать несанкционированный доступ.
Возможность формировать различные отчеты: • отчет о рейтинге современных направлений; • отчет о загруженности педагогов; • отчет по направлениям занятий с данными учеников; • отчет об обновленной базе данных с материалами урока; • отчет по распределению учеников (направление и возрастные группы); • консолидированный отчет.	Удобный и понятный интерфейс - система должна иметь интуитивно понятный и легко используемый пользовательский интерфейс, который будет удобен для всех пользователей.
	Гибкость – система должна быть гибкой и настраиваемой, чтобы удовлетворять потребностям пользователей.
	Возможность интеграции с программой 1С: Бухгалтерия.

В ИС присутствуют следующие роли: Директор, Администратор, Хореограф, SMM-менеджер. В (Табл.3) представлены роли конечных пользователей с соответствующими функциями ИС.

Табл.3. Роли конечных пользователей системы

Роль	Функции
Директор	Разработка графика работы сотрудников Составление набора танцевальных направлений Организация мероприятий (конкурсы, выступления и отчетные концерты для учеников школы)
Администратор	Регистрация учеников Учет оплаты Составление расписания для всех Регистрация и отмена занятий для учеников Координация работы с учебными группами и преподавателями Взаимодействие с клиентами для решения возникающих вопросов Формирует документы: • подписанный договор на обучение; • квитанция об оплате счета; • отчет о рейтинге современных направлений; • отчет о загруженности педагогов; • отчет по направлениям занятий с данными учеников; • отчет по распределению учеников (направление и возрастные группы); • консолидированный отчет о деятельности школы.
Хореограф	Управление материалами урока, запись занятий для родителей Определение содержания занятий Подбор музыки и разработка хореографии Проведение индивидуальных занятий с учениками Составление групп для участия в конкурсах и выступлениях Формирование отчета: Отчет с актуальными материалами для проведения уроков
SMM-менеджер	Анализ рынка направлений Создание рекламы для школы танцев Создание и публикация новостей Определение целевой аудитории и трендов в области танцев Создание привлекательного и информативного контента для социальных сетей

Внедрение информационной системы обеспечит выполнение поставленных задач и, как следствие, приведет к достижению главной цели школы танцев «Wings» - устойчивый рост доли на рынке танцевальных услуг Москвы и Московской области. Данные результаты будут достигнуты вследствие того, что автоматизация процессов повысит качество обслуживания клиентов школы, предоставит широкий функционал для сотрудников, аналитические функции системы позволят быстро формировать необходимые отчеты, делать прогнозы на будущее, а также система даст возможность родителям наблюдать за занятиями их детей в режиме реального времени [9].

Заключение

В заключение, автоматизация процесса управления школой танцев с использованием современных технологий, включая алгоритмы машинного обучения, представляет собой значительный шаг в развитии данной отрасли. Внедрение информационной системы с использованием ML алгоритмов, позволяет оптимизировать управленческие решения, повысить эффективность работы школы танцев и улучшить качество обслуживания клиентов.

Использование ML алгоритмов для предсказания ухода клиентов позволяет руководству школы танцев оперативно реагировать на изменения в поведении клиентов, предпринимать целенаправленные меры по удержанию аудитории и создавать персонализированные подходы к каждому клиенту. Это способствует улучшению уровня обслуживания, увеличению лояльности клиентов и увеличению прибыли школы танцев.

Кроме того, автоматизация процессов управления позволяет сократить временные затраты на административные задачи, оптимизировать расписание занятий, управлять финансами и ресурсами более эффективно, что в конечном итоге способствует росту производительности и экономической эффективности школы танцев [10].

Таким образом, внедрение автоматизации процесса управления школой танцев с применением ML алгоритмов не только повышает конкурентоспособность школы на рынке, но и способствует улучшению качества обучения, комфорта клиентов и общего развития данной отрасли. В результате школа танцев становится более гибкой, адаптивной и ориентированной на потребности своей аудитории, что способствует ее устойчивому развитию в долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Анализ рынка танцевальных школ в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gidmark.ru/cat1/marketingovoe-issledovanie-rynka-tancevalnyh-shkol> (дата обращения 22.05.2024).
2. Школа танцев «Wings» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.st-wings.ru/> (дата обращения 22.05.2024).
3. Машинное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/hubs/machine_learning/articles/ (дата обращения 22.05.2024).
4. Машинное обучение: возможности и сценарии применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.cloud/ru/blog/posts/2022/10/machine-learning> (дата обращения 22.05.2024).
5. Методы машинного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/metody-mashinnogo-obucheniya/> (дата обращения 22.05.2024).
6. Логистическая регрессия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.loginom.ru/articles/logistic-regression.html> (дата обращения 22.05.2024).
7. Правила проектирования информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=11764> (дата обращения 22.05.2024).
8. Автоматизация информационных процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpa-robin.ru/blog/avtomatizaciya-informacionnykh-processov/> (дата обращения 22.05.2024).
9. Клиентоориентированный подход: критерии и примеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://timeweb.com/ru/community/articles/klientoorientirovannyy-marketing-principy-i-primery> (дата обращения 22.05.2024).
10. Автоматизация бизнес-процессов: основы, направления, виды систем в 2024 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://romi.center/ru/learning/article/automation-of-business-processes-how-it-works-and-why-it-is-necessary/> (дата обращения 22.05.2024).

References

1. Analysis of the market of dance schools in Russia [Electronic resource]. - Access mode: <https://gidmark.ru/cat1/marketingovoe-issledovanie-rynka-tancevalnyh-shkol> (date of access: 05/22/2024).
2. Dancing school "Wings" [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.st-wings.ru/> (date of access: 05/22/2024).
3. Machine learning [Electronic resource]. - Access mode: https://habr.com/ru/hubs/machine_learning/articles/ (date of access: 05/22/2024).
4. Machine learning: opportunities and scenarios of application [Electronic resource]. - Access mode: <https://yandex.cloud/ru/blog/posts/2022/10/machine-learning> (date of access: 05/22/2024).
5. Methods of machine learning [Electronic resource]. - Access mode: <https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/metody-mashinnogo-obucheniya/> (date of access: 05/22/2024).
6. Logistic regression [Electronic resource]. - Access mode: <https://wiki.loginom.ru/articles/logistic-regression.html> (date of access: 05/22/2024).
7. Information Systems Design Rules [Electronic resource]. - Access mode: <https://compress.ru/article.aspx?id=11764> (date of access: 05/22/2024).
8. Automation of information processes [Electronic resource]. - Access mode: <https://rpa-robin.ru/blog/avtomatizaciya-informacionnykh-processov/> (date of access: 05/22/2024).
9. Client-oriented approach: criteria and examples [Electronic resource]. - Access mode: <https://timeweb.com/ru/community/articles/klientoorientirovannyi-marketing-principiy-i-primery> (date of access: 05/22/2024).
10. Automation of business processes: basics, directions, types of systems in 2024 [Electronic resource]. - Access mode: <https://romi.center/ru/learning/article/automation-of-business-processes-how-it-works-and-why-it-is-necessary> (date of access: 05/22/2024).

Информация об авторах

Т.В. Павлович – кандидат технических наук

Informatin about the author

T.V. Pavlovich - Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.04.2024; одобрена после рецензирования 15.05.2024; принята к публикации 17.05.2024.

The article was submitted 25.04.2024, approved after reviewing 15.05.2024, accepted for publication 17.05.2024.