

УДК 004.051

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.35.4.013](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.35.4.013)

Онлайн-витрина как фактор роста системного эффекта от взаимодействия производителей и потребителей медицинских систем автоматизированного проектирования

И.С. Тиунов

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфа, Российская Федерация*

Резюме. В статье поднимаются вопросы стимулирования развития области медицинских систем автоматизированного проектирования путем разработки и запуска онлайн-витрины специализированных продуктов и услуг. Выполняется анализ такого технологического явления, как «Магазин приложений» и его влияния на развитие базовых и сопутствующих классов информационных систем и продуктов предметной области. Приводится обзор существующих аналогов в области медицинских САПР. Разрабатывается диаграмма вариантов использования онлайн-витрины производителями и потребителями профильных информационных систем и их компонентов. Выявляются ключевые метрики для оценки результатов работы системы. Строится когнитивная модель связанных показателей результативности и эффективности системы в виде знакового ориентированного графа. Определяются единицы измерения и способ расчета всех метрик, а также формируются бизнес-требования к компонентам онлайн-витрины и смежных информационных и автоматизированных систем в цифровой экосистеме медицинских САПР. На основе когнитивной модели показателей эффективности системы строится имитационная модель в парадигме системной динамики. Проводятся имитации, которые приводят от гипотетических значений принятых метрик к целевым значениям для этапов разработки и запуска онлайн-витрины. В качестве ключевого результата работы проектируемой онлайн-витрины рассматривается переход количественных связей между участниками цифровой экосистемы медицинских САПР в качественные. Ожидается получение и повышение системного эффекта: взаимодействие производителей и потребителей медицинских САПР посредством специализированной онлайн-витрины приведет к выявлению скрытых проблем и возможностей в предметной области, а также к преодолению ранее неразрешимых проблем и задач врачей и пациентов. Основным синергетическим эффектом должно стать повышение качества продуктов и технологий в области медицинских САПР.

Ключевые слова: онлайн-витрина, медицинские САПР, цифровая экосистема, системный эффект, оценка эффективности, ориентированный граф, системная динамика.

Для цитирования: Тиунов И.С. Онлайн-витрина как фактор роста системного эффекта от взаимодействия производителей и потребителей медицинских систем автоматизированного проектирования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2021;9(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1051> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.013

Online store as a factor in the systemic effect growth from the interaction of manufacturers and consumers of medical computer-aided design systems

I.S. Tiunov

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

Abstract. The article raises questions of stimulating the development of medical computer-aided design by developing and launching an online store of specialized products and services. The analysis of such a technological phenomenon as the "Application Store" and its impact on the development of base and related classes of information systems and products of the subject area is carried out. An overview of existing analogs in the field of medical CAD is given. An online store use case diagram is being developed. Key metrics for assessing system performance are identified. A cognitive model of related performance and efficiency indicators of the system is built in a sign-oriented graph. The units of measurement and the method for calculating all metrics are determined, as well as business requirements are formed for the components of the online store and related information and automated systems in the digital ecosystem of medical CAD. Based on the cognitive model of system performance indicators, an imitation model is built in the paradigm of system dynamics. Simulations are carried out that lead from hypothetical values of the adopted metrics to target values for the stages of development and launch of an online store. The transition of quantitative connections between the participants of the digital ecosystem of medical CAD systems into qualitative ones is considered a fundamental work result of the projected online store. It is expected to achieve and increase a systemic effect: the interaction between manufacturers and consumers of medical CAD through a specialized online store will lead to the hidden problems recognition and opportunities in the subject area, as well as to overcome previously unsolved problems and tasks of doctors and patients. The main synergistic effect should be to improve the quality of products and technologies in medical CAD.

Keywords: online store, medical computer-aided design, digital ecosystem, systemic effect, efficiency assessment, directed graph, system dynamics.

For citation: Tiunov I.S. Online store as a factor in the systemic effect growth from the interaction of manufacturers and consumers of medical computer-aided design systems. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(4). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1051> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.013 (In Russ).

Введение

В ряде публикаций [1-6] содержатся информационные сообщения о применимости и результативности использования систем автоматизированного проектирования для решения задач хирургии, ортопедии и других медицинских задач. Развитие технологий биопечати открывает перед врачами возможности по восстановлению утраченных функций организма человека путем замены органов и тканей новыми, синтезированными из собственных клеток пациента, и поэтому требует новых подходов и инструментов медицинского автоматизированного проектирования.

Для лучшего понимания технологий и продуктов медицинских САПР дадим определение и рассмотрим пример реализации.

Медицинская система автоматизированного проектирования – это организационно-техническая система, совокупность аппаратных и программных средств, а также персонала, выполняющих в автоматизированном режиме функции создания, изменения, анализа, оптимизации и реализации проектов по решению медицинских задач.

Основной целью создания и внедрения медицинских САПР является повышение эффективности труда медицинского персонала и инженеров, а также получение синергетического эффекта от взаимодействия этих двух типов персонала при решении медицинских задач за счет:

- сокращения трудоемкости проектирования медицинского оборудования, техники, инструментов и материалов;
- сокращения трудоемкости планирования медицинских операций и проведения медицинских исследований;
- сокращения сроков медицинского проектирования;

- сокращения себестоимости медицинского проектирования;
- уменьшения затрат на эксплуатацию медицинского оборудования и техники;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов медицинского проектирования;
- сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

Ярким примером медицинских САПР является линейка продуктов и услуг американской компании MedCAD (<https://medcad.com/>), позволяющих осуществлять быструю краниопластику, а также косметические операции на черепе человека с заполнением краниального объема или пустот.

Бизнес-процесс оказания услуг данной компанией на основе применения медицинских САПР содержит такие этапы, как сканирование пациента, например, с применением технологии компьютерной томографии; подготовка данных предоперационного сканирования для сеанса хирургического планирования; моделирование операции (включая расчет траекторий хирургического вхождения) и проектирование медицинских устройств; разработка дизайна имплантов в соответствии с указаниями хирурга; производство медицинских устройств. MedCAD использует различные производственные технологии, такие как 3D-печать и многоосевое фрезерование, для производства индивидуальных хирургических решений.

Особенностями медицинских САПР по сравнению с техническими являются:

- *тип объекта проектирования*: это могут быть как технические объекты, например, инструменты, так и биологические, например, органы и ткани;
- *структура объекта проектирования*: существуют анатомические нормы строения организма человека, но при этом присутствует высокая степень вариативности и возможны патологические состояния медицинских объектов;
- *принципы функционирования объекта проектирования*: описаны в нормальной и патологической физиологии человека; в процессе развития знаний о человеке могут быть выявлены новые принципы и закономерности.

Также медицина, как область знаний человеческой деятельности, социальная система и правовая область, накладывает множество ограничений и требований на профильные системы автоматизированного проектирования.

В работах [7-9] авторами проведен анализ научно-технического направления и рынка медицинских САПР; выявлены проблемы медицинских САПР и разработан метод расчета их рейтинга. Среди выявленных проблем можно выделить такие проблемы, как проблемы недостаточной информированности врачей о возможностях САПР для решения медицинских задач; проблемы быстрого устаревания и отсутствия единых стандартов медицинских информационных технологий; проблемы недостаточного развития моделей коммерциализации программных продуктов в области медицины. Анализ данных проблем приводят к выводу о необходимости комплексного развития медицинских САПР как класса систем, а также роста качества таких систем, их разнообразия, снижения сроков внедрения и стоимости владения.

Как показала практика последних 12 лет, значительный толчок для развития определенного класса информационных систем дают специальные «Магазины приложений».

Магазин приложений – интернет-магазин, позволяющий сторонним разработчикам программного обеспечения предлагать владельцам вычислительных устройств (таких как мобильные телефоны, планшеты и др.) приобретать и устанавливать различные приложения, игры и другой цифровой контент (например, книги, музыку, фильмы и т. д.).

В Таблице 1 приведен список наиболее крупных магазинов приложений. Сервисы упорядочены по дате запуска. Таблица 2 демонстрирует статистику по количеству представленных на этих площадках приложений согласно [10].

Таблица 1
Table 1

Магазин приложений	ОС / Платформа	Дата запуска	Страна создания
App Store	iOS	10.07.2008	США
Samsung Galaxy Store	Symbian (поддержка прекращена), Windows Mobile, Android, bada	14.09.2009	Республика Корея
Windows Phone Store	Windows Phone	21.10.2010	США
Chrome Web Store	Chrome OS, Chrome	06.12.2010	США
Mac App Store	Mac OS	06.01.2011	США
AppGallery	Android	03.02.2011	Китай
Opera Mobile Store	Android	08.03.2011	Норвегия
Amazon Appstore	Android, Fire OS (форк Android)	22.03.2011	США
Google Play	Android	06.03.2012	США
Яндекс.Store	Android	01.10.2012	Россия
Microsoft Store	Windows	26.10.2012	США

Таблица 2
Table 2

Магазин приложений	Количество доступных приложений на Q3 2020
Google Play	2 870 000
App Store	1 960 000
Windows Store	669 000
Amazon Appstore	455 000

Следует отметить, что указанные магазины приложений содержат приложения, созданные под специально разработанные и запущенные аппаратно-программные платформы. Таким образом, провайдеры магазинов приложений предоставили разработчикам приложений аппаратные комплексы (смартфоны и планшеты), операционные системы, инструменты разработчика, инструменты маркетинга, а также множество вспомогательных утилит и сервисов.

В качестве инструментальных основ для разработки и запуска медицинских САПР предполагается создать специализированный фреймворк и платформу. Ключевые требования к этим компонентам приведены в [9]. В данной статье рассматривается онлайн-витрина медицинских систем автоматизированного проектирования как магазина приложений.

Запуск указанных платформ и сервисов привел к формированию сообщества разработчиков приложений. Увеличения количества разработчиков обеспечило

появление критической массы контента – приложений, что, в свою очередь, привело к бурному росту пользовательской аудитории. Для удовлетворения запросов растущей аудитории авторов приложений развивались инструменты разработчика. Вокруг платформ сформировались рынки и цифровые экосистемы.

Анализ существующих аналогов магазина приложений в области медицинских систем автоматизированного проектирования

Аналогами и потенциальными конкурентами онлайн витрины медицинских САПР являются магазины приложений, онлайн и оффлайн выставки медицинских информационных систем, оборудования, технологий и услуг (см. Таблицу 3).

Таблица 3
Table 3

Название	Описание	Онлайн / Оффлайн	Назначение
САПР ЭКСПО	Ежегодная выставка систем автоматизированного проектирования (ВДНХ, Москва)	Оффлайн	Выставка САПР общего назначения
BIOMEDevice San Jose 2020	Международная выставка для производителей медицинских устройств и биофармацевтических препаратов (США, Сан-Хосе)	Оффлайн	Медицинские устройства
MEDTRAVELEXPO	4-я международная выставка медицинских и оздоровительных услуг, технологий оздоровления и лечения в России и за рубежом (ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР", Москва)	Оффлайн	Медицинские технологии и услуги
ЭЗАДЕНТ	ЭЗАДЕНТ предлагает полный комплекс CAD/CAM систем открытого типа от известных мировых производителей оборудования и материалов для зубных реставраций	Онлайн	Каталог CAD/CAM технологий для стоматологии
TOP DENTIS	1-й Российский стоматологический супермаркет TOP DENTIS предлагает эксклюзивную стоматологическую продукцию российских и зарубежных производителей оптом и в розницу	Онлайн	Каталог CAD/CAM технологий для стоматологии
Стоматорг	Дистрибьютор высококачественного оборудования, расходных материалов, инструментов для стоматологических клиник и зуботехнических лабораторий на территории РФ	Онлайн	Каталог CAD/CAM технологий для стоматологии
StomShop.pro	StomShop.pro – это интернет-магазин, основанный командой людей, много лет проработавших на рынке стоматологического оборудования, знающих сильные и слабые стороны товаров и обладающих опытом в решении самых нетривиальных задач, связанных с его подбором	Онлайн	Каталог CAD/CAM технологий для стоматологии
Medical EXPO	Виртуальная выставка медицинских услуг и технологий (в том числе медицинских САПР)	Онлайн	Магазин медицинских САПР

Наиболее близким аналогом является выставка Medical EXPO, представляющая собой виртуальную выставку медицинских услуг и технологий, в которой содержится раздел с медицинскими САПР. Данный сервис поддерживает множество языков, таких

как английский, французский, испанский, итальянский, немецкий, китайский, японский, португальский и русский. Обеспечивает поиск по 136 491 продукту медицинского оборудования. Позволяет фильтровать продукты по тегу, по категории (разделу медицины), по производителям, по функциям, по типу медицинских учреждений и другим характеристикам.

Основными недостатками данного сервиса, с точки зрения развития информационной инфраструктуры медицинских САПР, являются:

- плохо ищется по тегам «Медицинские САПР», «Выставка САПР», «Выставка медицинских САПР»;
- не позиционируется как инфраструктурный – нет явных связей с другими элементами информационной инфраструктуры медицинских САПР, описанными в [9];
- отсутствуют явные признаки процессов по выявлению и повышению синергетического эффекта от взаимодействия пользователей площадки.

Сервис Medical EXPO может рассматриваться в качестве альтернативного магазина медицинских САПР в цифровой экосистеме, для обеспечения надежности в цепочке создания, совершенствования, доставки и применения медицинских САПР для решения задач врачей и проблем пациентов.

Таким образом, целью данной статьи является оценка влияния проектируемой онлайн-витрины на рост системного эффекта в цифровой экосистеме медицинских САПР.

Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- построить верхнеуровневую модель взаимодействия пользователей онлайн-витрины;
- построить когнитивную модель показателей эффективности и результативности онлайн-витрины, ее компонентов и участников;
- выбрать метрики для оценки эффективности системы и системного эффекта, подобрать методы расчета каждой метрики, сформировать бизнес-требования к онлайн-витрине и смежным информационным и автоматизированным системам;
- построить имитационную модель и провести симуляции на гипотетических данных для корректировки модели и получения целевых значений выбранных метрик для этапа запуска онлайн-витрины.

Функциональная модель онлайн-витрины медицинских САПР

Онлайн-витрина медицинских САПР начинается с пользователя. После регистрации пользователь является приобретателем информации, содержащейся в системе, поэтому базовым статусом пользователя в системе является «Покупатель». Также пользователь может получить статус «Продавец» для размещения продуктов на витрине.

Продавец регистрирует организацию, которая производит и / или поставляет продукты. Продавец вносит в систему структурированную информацию об организации. На основании этой информации создается страница организации, которая будет доступна для поиска потенциальным покупателям для ознакомления с ее деятельностью и продуктами.

Продавец регистрирует в системе продукт, вносит его подробное описание, на основании которого создается страница продукта, которая будет доступна для поиска покупателями.

- производители продуктов и технологий – узкоспециализированные и многопрофильные компании;
- поставщики товаров и услуг;
- потребители – медицинские организации, научно-исследовательские институты, врачи, узкие специалисты, ученые, исследователи, преподаватели, студенты;
- стартапы и команды, развивающие новые продукты и технологии.

Для организации поиска в сервисе следует распределить продукты и услуги на категории: медицинская техника и оборудование, медицинские инструменты и материалы, медицинские препараты, патенты на изобретения, трансфер технологий, научно-исследовательские аппаратно-программные комплексы, исследования и разработки.

Модель оценки эффективности онлайн-витрины медицинских САПР

Прежде чем начинать разработку системы, следует оценить потенциальную пользу от ее внедрения и использования. Для разработки критериев оценки эффективности и уникального эффекта от запуска онлайн-витрины медицинских САПР, обратимся к универсальным показателям эффективности от внедрения информационной системы. Такими показателями являются:

- снижение временных затрат на выполнение рутинных операций;
- повышение уровня безошибочности работы пользователя.

Эффект для покупателя (потребителя)

Для пользователей будущей системы с ролью «Покупатель» эффектом является:

- снижение временных затрат на поиск продуктов и услуг;
- упрощение поиска медицинских САПР и их компонентов за счет структуризации данных и унификации интерфейсов взаимодействия, что влечет снижение количества ошибок при поиске и выборе продуктов и услуг;
- повышение эффективности принятых решений о закупке товаров и услуг за счет:
 - повышения точности анализа предлагаемых решений;
 - ознакомления с продуктами путем скачивания Demo и Trial-версий.

Эффект для продавца (поставщика, производителя)

Для производителей и поставщиков товаров и услуг использование специализированной онлайн-витрины приведет к:

- снижению финансовых, трудовых и временных затрат на разработку, продвижение и поддержание веб-сайта и мобильного приложения, необходимых для обеспечения маркетинговых кампаний и организации продаж;
- снижению количества ошибок при формировании структуры и контента веб-сайта продукта / сервиса / проекта за счет использования типовой структуры: описание продукта, набор характеристик, контакты и т. д.;
- снижению временных и финансовых затрат на выявление и изучение целевой аудитории, конкурентных преимуществ, ценообразование и расширение клиентской базы;
- совершенствованию продуктов и услуг за счет получения обратной связи от пользователей;
- расширению продуктовой линейки за счет выявления потребностей пользователей и пустых ниш на рынке;

- более эффективному выстраиванию партнерских отношений за счет ускоренного поиска и анализа поставщиков и производителей медицинских САПР и их компонентов.

Эффект для рынка

Для рынка медицинских САПР и всей экосистемы ожидается следующий синергетический эффект – повышение результативности и эффективности кооперации специалистов и организаций в предметной области за счет:

- расширения целевой аудитории и концентрации специалистов профессиональной области на одной коммуникационной площадке;
- увеличения количества представленных товаров и услуг;
- увеличения количества связей «покупатель-продавец», «продавец-продавец», «исследователь-разработчик-продавец» и других;
- повышения активности мелких компаний вокруг деятельности крупных компаний;
- повышения точности анализа рынка благодаря накапливаемой статистике;
- выявления пустых ниш на рынке и неудовлетворенного спроса.

Для оценки эффективности онлайн-витрины медицинских САПР разработана модель, включающая в себя ряд метрик и взаимосвязей между ними, построенная по закону перехода количества в качество, представленная на Рисунке 2.

В качестве начальных количественных показателей выбраны классические метрики онлайн-сервисов: количество уникальных посетителей, количество зарегистрированных пользователей, продавцов, продуктов. Данные метрики могут быть рассчитаны по новым пользователям, по общему количеству пользователей для разных периодов: день, неделя, месяц, квартал, полугодие, год.

Метриками, демонстрирующими качество связей между участниками системы, являются:

- количество удовлетворенных и неудовлетворенных запросов;
- время принятия решений о покупке товаров и услуг;
- количество продаж и цены на продукты;
- количество рекомендаций по улучшению продуктов и технологий от пользователей.

В качестве метрик для оценки системного эффекта выбраны:

- количество решенных задач врачей и проблем пациентов (особое внимание уделяется проблемам, ранее не имевших решения);
- уровень качества продуктов и технологий (под качеством, например, можно понимать точность, скорость, уровень безошибочности выполнения операций);
- количество выявленных проблем и потенциальных возможностей.

По мере накопления статистических данных в данную модель также могут быть добавлены следующие показатели: количество ошибок при поиске и выдаче продуктов, количество новых функций САПР, затрат на разработку новых технологий, сложность освоения операций, вероятность восстановления / выздоровления пациента, средняя скорость заживления, стоимость лечения и другие.

В приведенной модели можно выделить несколько основных контуров.

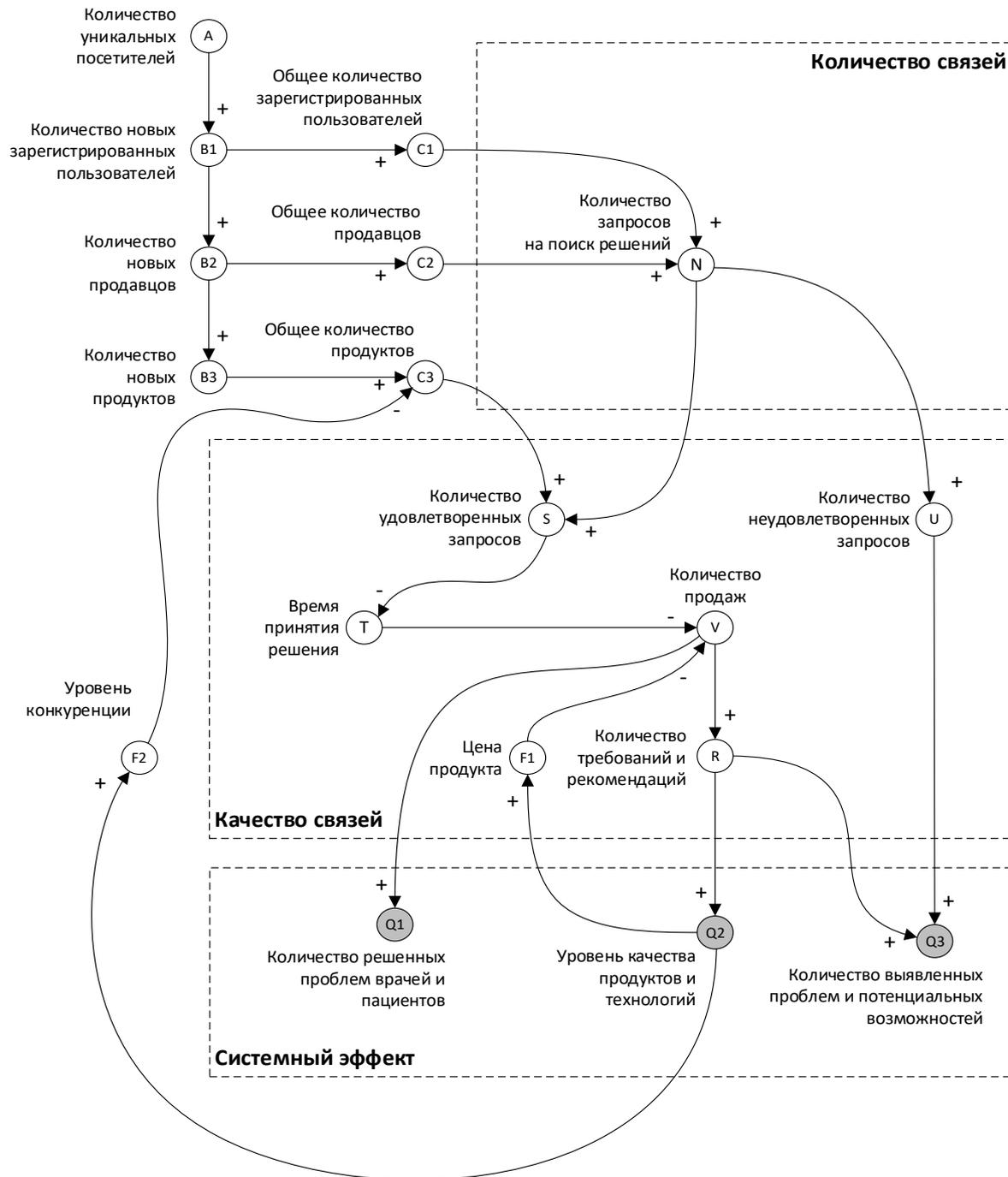


Рисунок 2 – Система показателей эффективности онлайн-витрины медицинских САПР
Figure 2 – System of performance indicators of online showcases of medical CAD

Большой контур

1. Общее количество продуктов (C3) → (S) Количество удовлетворенных запросов (+). Чем больше продуктов представлено на площадке, тем большее количество запросов потребителей может быть удовлетворено.
2. Количество удовлетворенных запросов (S) → (T) Время принятия решения (-). Чем больше продукт удовлетворяет запросу потребителя, тем меньше времени тратится на принятие решения о покупке продукта.

3. Время принятия решения (**T**) → (**V**) Количество продаж (-).

Чем быстрее принимаются решения о покупке автоматизированных систем, тем больше происходит продаж в определенный период.

4. Количество продаж (**V**) → (**R**) Количество требований и рекомендаций (+).

Чем больше (копий) медицинских САПР закупается, тем выше степень применения данной технологии и продуктов, тем больше требований предъявляется со стороны потребителей и тем больше рекомендаций по улучшению продуктов направляется в адрес производителей.

5. Количество требований и рекомендаций (**R**) → (**Q2**) Уровень качества продуктов и технологий (+).

Чем больше количество требований и рекомендаций выдвигают пользователи, тем шире становится функционал автоматизированных систем и выше их качество.

6. Уровень качества продуктов и технологий (**Q2**) → (**F2**) Уровень конкуренции (+).

Повышение качества продуктов приводит к повышению конкуренции.

7. Уровень конкуренции (**F2**) → (**C3**) Общее количество продуктов (-).

Чем выше конкуренция, тем сложнее новым и действующим производителям выводить на рынок новые продукты. Таким образом, отрицательная обратная связь в данном контуре обеспечивается за счет механизма конкуренции.

Малый контур

1. Количество продаж (**V**) → (**R**) Количество требований и рекомендаций (+).

Чем больше осуществляется продаж, тем больше количество пользователей и время использования продуктов. Тем больше возникает требований и рекомендаций по доработке продуктов.

2. Количество требований и рекомендаций (**R**) → (**Q2**) Уровень качества продуктов и технологий (+).

Чем больше требований и рекомендаций доводится до реализации, тем шире и совершенней становится функционал продуктов, а следовательно, повышается качество продуктов и технологий.

3. Уровень качества продуктов и технологий (**Q2**) → (**F1**) Цена продукта (+).

Чем выше качество продуктов, тем выше их цена.

4. Цена продукта (**F1**) → (**V**) Количество продаж (-).

Чем выше цена продукта, тем ниже количество продаж. Отрицательная обратная связь в малом контуре обеспечивается за счет колебания цен в зависимости от уровня качества продуктов и технологий.

Первый незамкнутый путь

Демонстрирует влияние активности пользователей на онлайн площадке на получение социально значимого эффекта:

1. Количество запросов на поиск решений (**N**) → (**S**) Количество удовлетворенных запросов (+).

Общее количество продуктов (**C3**) → (**S**) Количество удовлетворенных запросов (+).

Повышение активности производителей и потребителей приводит к увеличению количества удовлетворенных запросов.

2. Количество удовлетворенных запросов (**S**) → (**T**) Время принятия решения (-).

3. Время принятия решения (**T**) → (**V**) Количество продаж (-).

4. Количество продаж (**V**) → (**Q1**) Количество решенных проблем врачей и пациентов (+).

Чем выше количество продаж, тем выше вероятность применения медицинских САПР для автоматизации деятельности врача и повышения скорости и точности лечения пациентов.

Второй незамкнутый путь

Демонстрирует значимость активности потребителей для получения неявного системного эффекта:

1. Количество запросов на поиск решений (**N**) → (**U**) Количество неудовлетворенных запросов (+).

Чем больше запросов от потенциальных потребителей, тем больше обнаруживается неудовлетворенных потребностей.

2. Количество неудовлетворенных запросов (**U**) → (**Q3**) Количество выявленных проблем и потенциальных возможностей (+).

Чем больше обнаружено неудовлетворенных потребностей пользователей, тем более явными становятся существующие проблемы.

Аналогично данной ветви можно выделить следующую ветвь:

1. Количество продаж (**V**) → (**R**) Количество требований и рекомендаций (+).

2. Количество требований и рекомендаций (**R**) → (**Q3**) Количество выявленных проблем и потенциальных возможностей (+).

Чем больше требований и рекомендаций формулируют пользователи продуктов, тем больше возможностей для роста качества продуктов и технологий возникает у производителей.

Механизм расчета показателей эффективности и дополнительные требования к онлайн-витрине

Для того, чтобы перейти от когнитивной модели взаимного влияния показателей эффективности системы к вычислительной модели, необходимо описать единицы измерения и способ расчета всех метрик.

В Таблице 4 (а, б, в, г) представлены классические метрики онлайн-сервиса.

Таблица 4а
Table 4а

Метрика (Обозначение)	Количество уникальных посетителей (A) Количество новых зарегистрированных пользователей (B1) Количество новых продавцов (B2)
Единицы измерения	Человек (за период)
Способ расчета	Статистика и счетчики
Требования	К системе должна быть подключена аналитика Яндекс Метрика, Google Analytics и др.; система должна фиксировать дату и время регистрации новых пользователей и продавцов, а также рассчитывать количество продавцов и продуктов, зарегистрированных в выбранный период времени

Таблица 4б
Table 4b

Метрика (Обозначение)	Количество новых продуктов (B3)
Единицы измерения	Единиц (за период)
Способ расчета	Внутренняя статистика и счетчики
Требования	Система должна фиксировать дату и время регистрации новых продуктов, а также рассчитывать количество новых продуктов, зарегистрированных в выбранный период времени

Таблица 4в
Table 4v

Метрика (Обозначение)	Общее количество зарегистрированных пользователей (C1) Общее количество продавцов (C2)
Единицы измерения	Человек
Способ расчета	Внутренняя статистика и счетчики
Требования	-

Таблица 4г
Table 4g

Метрика (Обозначение)	Общее количество продуктов (C3)
Единицы измерения	Единиц
Способ расчета	Внутренняя статистика и счетчики
Требования	-

В Таблице 5 (а, б, в, г, д, е) описаны метрики, представляющие количественные связи между участниками разрабатываемой системы.

Таблица 5а
Table 5a

Метрика (Обозначение)	Количество запросов на поиск решений (N)
Единицы измерения	Единиц (за период)
Способ расчета	Статистика и счетчики
Требования	Система должна собирать статистику по запросам пользователей на поиск продуктов, услуг, организаций и других пользователей; необходимо реализовать фильтр по параметрам запросов

Таблица 5б
Table 5b

Метрика (Обозначение)	Количество удовлетворенных запросов (S) Количество неудовлетворенных запросов (U)
Единицы измерения	Единиц (за период)
Способ расчета	Статистика и счетчики, опрос «Вы нашли то, что искали?»
Требования	Система должна собирать статистику по результатам выдачи на запросы пользователей; должна быть реализована функция опроса пользователей по вопросу «Вы нашли то, что искали?»; система должна фиксировать переходы пользователя от поиска продукта к его выбору и дальнейшей покупке

Таблица 5в
Table 5v

Метрика (Обозначение)	Время принятия решения (T)
Единицы измерения	Недели
Способ расчета	Анализ событий и расчет времени по датам их наступления
Требования	Система должна собирать статистику по запросам пользователей, переходам по ссылкам поисковой выдачи, датам сообщений между продавцом и покупателем и последующим покупкам; должна быть реализована функция расчета между моментом запроса на поиск продукта и последующей покупкой данного продукта

Таблица 5г
Table 5g

Метрика (Обозначение)	Количество продаж (V)
Единицы измерения	Единиц (за период)
Способ расчета	Статистика и счетчик покупок
Требования	Система должна собирать статистику по оплате продуктов, представленных на онлайн-витрине

Таблица 5д
Table 5d

Метрика (Обозначение)	Количество требований и рекомендаций (R)
Единицы измерения	Записей (количество атомарных записей)
Способ расчета	Анализ сообщений и комментариев по продуктам, услугам, организациям
Требования	В системе должен быть реализован механизм идентификации, анализа, классификации, систематизации и подсчета сообщений, содержащих замечания или пожелания по доработке продуктов и совершенствованию услуг

Таблица 5е
Table 5e

Метрика (Обозначение)	Цена продукта (F1)
Единицы измерения	Рублей
Способ расчета	Статистика цен
Требования	Система должна собирать статистику цен на продукты и услуги по категориям, продавцам; система должна фиксировать изменения цен, хранить архив цен; должен быть реализован поиск с фильтром по периодам

Далее определим способ выражения и расчета выбранных показателей системного эффекта, оказываемого онлайн-витриной на всю цифровую экосистему медицинских САПР. Именно эти метрики отражают качественные связи между участниками системы.

Таблица 6а
Table 5a

Метрика (Обозначение)	Количество решенных проблем врачей и пациентов (Q1)
Единицы измерения	Единиц (случаев по категориям за период)
Способ расчета	Статистика по медицинским проектам, опрос «Расскажите о полученных результатах»
Требования	В системе должна быть реализована подсистема опроса пользователей по результатам применения продуктов и услуг, представленных на онлайн-витрине; необходимо реализовать механизм оценки применения медицинской САПР с возможностью интеграции с представленными на онлайн-витрине продуктами

Таблица 6б
Table 6b

Метрика (Обозначение)	Уровень качества продуктов и технологий (Q2)
Единицы измерения	Интегральный показатель
Способ расчета	Статистика по продуктам и услугам, измерение количества реализованных медицинских проектов, измерение скорости реализации медицинских проектов
Требования	В системе должна быть реализована подсистема опроса пользователей по качеству продуктов, в качестве критериев применяются экспертные оценки по количеству реализованных медицинских проектов, средней скорости подготовки и реализации медицинского проекта, удобству использования, скорости обучения, стабильности работы и другим; необходимо реализовать механизм оценки качества медицинской САПР с возможностью интеграции с представленными на онлайн-витрине продуктами

Таблица 6в
Table 6v

Метрика (Обозначение)	Количество выявленных проблем и потенциальных возможностей (Q3)
Единицы измерения	Записей (количество атомарных записей)
Способ расчета	Голосование по проблемам медицинских САПР и расчет рейтинга проблем; унификация механизма запроса изменений и встроенной обратной связи
Требования	В системе должна быть реализована подсистема сбора запросов на изменения продуктов и услуг; необходимо реализовать механизм сбора обратной связи от пользователей медицинской САПР с возможностью интеграции с представленными на онлайн-витрине продуктами

Таблица 6г
Table 6g

Метрика (Обозначение)	Уровень конкуренции (F2)
Единицы измерения	Интегральный показатель
Способ расчета	Статистика по продавцам и продуктам; сравнительный анализ продавцов и продуктов; количество продавцов (по категориям), количество продуктов (по категориям), количество продуктов у продавца
Требования	В системе должна быть реализована подсистема сравнительного анализа продавцов, продуктов и услуг на основе собранной статистики

На основе определенного способа расчета каждой метрики сформулированы технические и бизнес-требования, предъявляемые к онлайн-витрине и смежным системам информационной инфраструктуры медицинских САПР. Базовые требования к данной и другим системам были сформулированы в статье [9].

Разработка и анализ имитационной модели оценки эффективности системы

Для прогнозирования процесса развития, будущих состояний и влияния онлайн-витрины на развитие цифровой экосистемы медицинских САПР на основе представленной когнитивной модели разработана имитационная модель (Рисунок 3).

Модель разработана в пакете AnyLogic.

Показатели количества пользователей и продавцов (A, B1, B2, C1, C2) представлены в виде накопителей, соединенных однородными потоками.

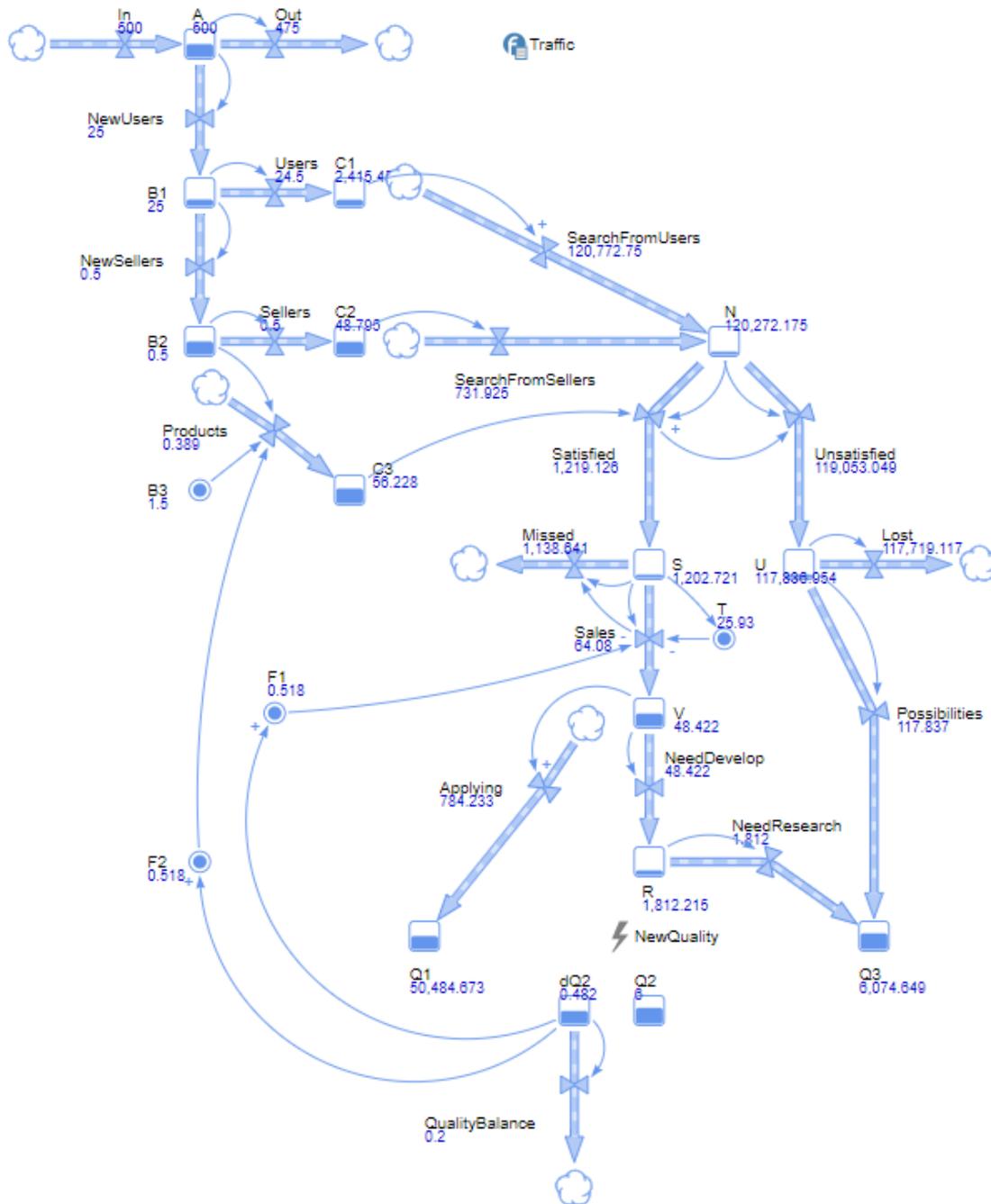


Рисунок 3 – модель системной динамики показателей эффективности онлайн-витрины
 Figure 3 – model of system dynamics of performance indicators of an online storefront

Поток Products демонстрирует прирост в системе новых продуктов благодаря новым продавцам. На данный поток влияет уровень конкуренции F2. Ввиду отсутствия статистических данных и информации о функциональной зависимости уровня конкуренции от качества продуктов, услуг и технологий, для упрощения уровень конкуренции представляется в модели в виде понижающего коэффициента потока новых продуктов.

Общее количество запросов пользователей системы складывается из запросов пользователей и продавцов и распределяется между накопителями удовлетворенных (S)

и неудовлетворенных (U) запросов. На поток и количество удовлетворенных запросов влияет количество продуктов, представленных в системе. Чем больше продуктов, тем выше шанс найти подходящий для решения конкретной задачи. Значительная часть результатов выдачи по запросам будет пропущена пользователями, что отражено в потоках Missed и Lost.

Удовлетворенные запросы на поиск программно-аппаратных решений перетекают в продажи. На объем продаж влияет и время принятия решений. Причем, чем больше информации получает пользователь о продукте, тем меньше времени требуется на принятие решения о его покупке. Полезная информация может быть представлена: общим описанием продукта, его назначения, основных функций; техническими характеристиками продукта; демо и триал-версией продукта, а также развитой документацией; информацией об успешных внедрениях продукта и отзывами потребителей; контактами продавца для оперативной связи и т. д.

Продажи напрямую ведут к применению продуктов и услуг, поэтому первый показатель системного эффекта представлен в виде накопителя Q1 – «Количество решенных проблем врачей и пациентов». Повышение данного показателя – это основной социальный эффект от развития цифровой экосистемы медицинских САПР.

Как было сказано выше, «чем больше (копий) медицинских САПР закупается, тем выше степень применения данной технологии и продуктов, тем больше требований предъявляется со стороны потребителей и тем больше рекомендаций по улучшению продуктов направляется в адрес производителей». Поэтому в модель включена зависимость запросов на изменения продуктов от объема продаж. Запросы на изменения продуктов, или требования, фиксируются в виде записей. После анализа часть требований будет интерпретирована как необходимость проведения научных, социологических или технических исследований. Поэтому они перетекают в накопитель Q3, представляющий собой некий научно-исследовательский бэклог области медицинских САПР.

Эмпирическим путем в результате нескольких итераций запуска разработанной модели и корректировки различных показателей, было выделено несколько информативных показателей эффективности работы онлайн-витрины, изменение которых отражено на Рисунках 4-6.

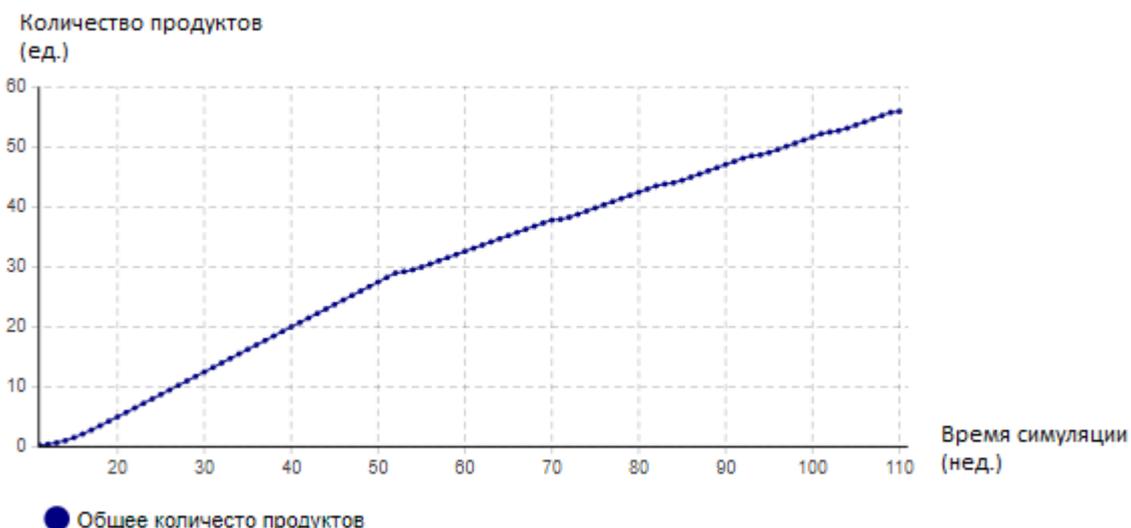


Рисунок 4 – Динамика общего количества продуктов
Figure 4 – Dynamics of the total number of products

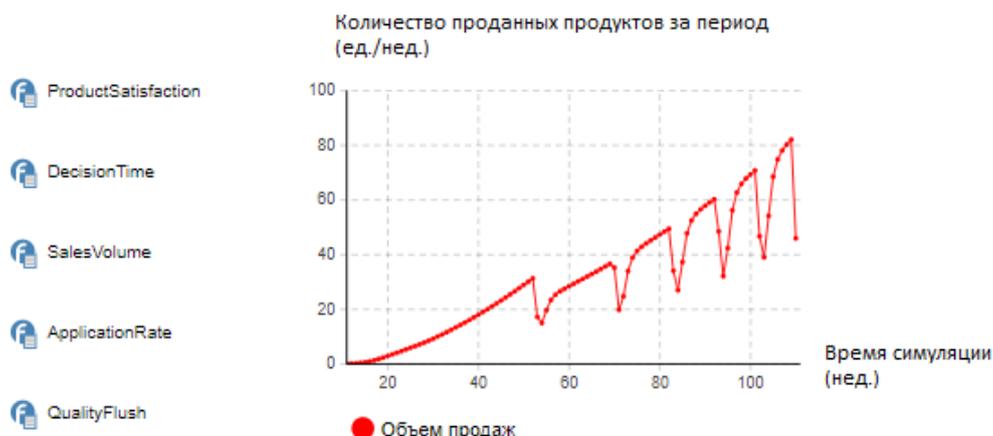


Рисунок 5 – Динамика объема продаж
Figure 5 – Dynamics of sales



Рисунок 6 – Динамика уровня и диапазона качества продуктов
Figure 6 – Dynamics of the level and range of product quality

Основным технологическим эффектом от внедрения онлайн-витрины должен стать процесс перехода количества сообщений (отзывов, комментариев, запросов на изменения) о медицинских САПР, представленных на ней, в новое качество этих продуктов и технологий. Такой переход может быть постепенным, а может быть скачкообразным. В разработанной модели данный эффект представлен накопителем Q2, отражающим общий рост качества продуктов и технологий предметной области в виде условных уровней. Накопитель dQ2 представляет временный разрыв между качеством инновационных продуктов и остальных продуктов отрасли. Постепенное снижение данного уровня отражает процесс доработки основной массы продуктов и приближения их по качеству к лидирующим продуктам. На этапе моделирования обратная связь в контурах представлена понижающими коэффициентами F1, демонстрирующими повышение цены при повышении качества продукта, а также снижение объема продаж вследствие повышения цен, и коэффициентом F2, представляющим влияние повышения общего уровня качества продуктов на уровень конкуренции, который понижает возможности продавцов выпускать новые продукты на рынок.

На основе симуляции было спрогнозировано, что темп роста общего количества продуктов постепенно начинает расти в период запуска сервиса и сохраняется в течение первого года работы. На 52-й неделе происходит первый качественный скачок, конкуренция вырастает и темп прироста продуктов снижается. Объем продаж резко падает, но со временем выходит на новый уровень за счет повышения количества продуктов в различных категориях, а, следовательно, и повышения количества удовлетворенных запросов на поиск программно-аппаратных решений.

За счет роста количества продуктов и их качества со временем качественные скачки происходят быстрее. В процессе имитации зафиксированы значительные изменения на 52, 70, 83, 93 и 102 неделях. На текущем этапе расчеты ведутся на горизонте 2-х лет.

Заключение

Онлайн-витрина медицинских систем автоматизированного проектирования является важным компонентом информационной инфраструктуры цифровой экосистемы медицинских САПР. Основным назначением данного компонента является повышение степени коммуникации между участниками процесса разработки, совершенствования, доставки и применения технологий медицинского автоматизированного проектирования для решения проблем пациентов.

В данной статье разработана верхнеуровневая модель взаимодействия пользователей онлайн-витрины в виде диаграммы вариантов использования в нотации UML.

Для анализа перспектив создания и запуска онлайн-витрины разработана когнитивная модель взаимного влияния показателей эффективности сервиса в виде знакового ориентированного графа; сформулированы основные метрики системного эффекта, определен способ их расчета, а также выявлены дополнительные требования к элементам информационной инфраструктуры цифровой экосистемы медицинских САПР.

На основе когнитивной модели разработана имитационная модель в парадигме системной динамики, которая позволила перейти от гипотетических показателей эффективности системы к целевым. В процессе запуска онлайн-витрины и накопления реальной рыночной статистики разработанная модель позволит прогнозировать изменения рынка и системный эффект цифровой экосистемы медицинских САПР в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Azrulhizam Shapi'i, Riza Sulaiman, Mohammad Khatim Hasan, Abd Yazid Mohd Kassim, Hamzaini Abd Hamid. Applications of Computer Aided Design (CAD) in Medical Image Technology. 2011.
2. Present and future for technologies to develop patient-specific medical devices: a systematic review approach. Clara-Isabel López Gualdrón, Edna-Rocío Bravo Ibarra, Andrea-Patricia Murillo Bohórquez, and Israel Garnica Bohórquez. 2019, Aug 7.
3. Tatjana Spahiu, Erald Piperi, E Shehi. Advanced CAD/CAM systems for garment design and simulation. (2014). https://www.researchgate.net/publication/271216884_Advanced_CADCAM_systems_for_garment_design_and_simulation (Дата обращения: 17.10.2021).
4. Волосников А. Возможности внедрения систем автоматизированного проектирования в клиническую практику медицинских учреждений травматологии и ортопедии. *САПР и графика*. 2013;5.

5. Печать органов: как продвинулись технологии 3D-биопринтинга и что мешает их развитию. Надежда Алейник. Интернет-издание Rusbases. 2019. <https://rb.ru/longread/bioprinting/> (Дата обращения 14.05.2020).
6. САПР и медицина. Владимир Малюх. 2012. http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15013. Дата обращения 14.05.2020 г.
7. Насыров Р.В., Тиунов О.С., Тиунов И.С. Системный анализ проблем научно-технического направления «Медицинские системы автоматизированного проектирования». *Моделирование систем и процессов*. 2021;4:38-52. DOI: <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2021-13-4-38-52>
8. Насыров Р.В., Тиунов И.С., Тиунов О.С. Классификация биологических и медицинских систем автоматизированного проектирования. *Современные проблемы науки и образования*. 2013;6.
9. Nasyrov R.V., Tiunov I.S. Development of Requirements for Key Components and Infrastructure of Medical Computer-Aided Design Systems. *Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020)*. DOI: <https://doi.org/10.2991/aisr.k.201029.022>
10. Number of apps available in leading app stores as of 1st quarter 2021. <https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/> (Дата обращения: 12.09.2021).

REFERENCES

1. Azrulhizam Shapi'i, Riza Sulaiman, Mohammad Khatim Hasan, Abd Yazid Mohd Kassim, Hamzaini Abd Hamid. Applications of Computer Aided Design (CAD) in Medical Image Technology. 2011.
2. Present and future for technologies to develop patient-specific medical devices: a systematic review approach. Clara-Isabel López Gualdrón, Edna-Rocío Bravo Ibarra, Andrea-Patricia Murillo Bohórquez, and Israel Garnica Bohórquez. 2019, Aug 7.
3. Tatjana Spahiu, Erald Piperi, E Shehi. Advanced CAD/CAM systems for garment design and simulation. (2014). https://www.researchgate.net/publication/271216884_Advanced_CADCAM_systems_for_garment_design_and_simulation (Accessed: October 17, 2021).
4. Volosnikov A. Possibilities of introducing computer-aided design systems into clinical practice of medical institutions of traumatology and orthopedics. CAD and graphics. 2013;5.
5. Printing of organs: how 3D bioprinting technologies have advanced and what is hindering their development. Nadezhda Aleinik. Internet edition Rusbases. 2019. <https://rb.ru/longread/bioprinting/> (Accessed: 14.05.2020).
6. CAD and medicine. Vladimir Malyukh. 2012. http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15013 (Accessed: May 14, 2020).
7. Nasyrov R.V., Tiunov O.S., Tiunov I.S. Systemic analysis of the problems of the scientific and technical field «Medical computer-aided design». *Modeling of systems and processes*. 2021;4:38-52. DOI: <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2021-13-4-38-52>
8. Nasyrov R.V., Tiunov I.S., Tiunov O.S. Classification of biological and medical computer-aided design systems. *Modern problems of science and education*. 2013;6.
9. Nasyrov R.V., Tiunov I.S. Development of Requirements for Key Components and Infrastructure of Medical Computer-Aided Design Systems. *Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020)*. DOI: <https://doi.org/10.2991/aisr.k.201029.022>

10. Number of apps available in leading app stores as of 1st quarter 2021. <https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/> (Accessed: 12.09.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATIONS ABOUT AUTHORS

Тиунов Игорь Сергеевич, аспирант факультета Информатики и робототехники, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Российская Федерация.

Igor S. Tiunov, Graduate student, Faculty of Informatics and Robotics, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation.

e-mail: igor@tiunovs.com

ORCID: [0000-0002-4823-8064](https://orcid.org/0000-0002-4823-8064)

Статья поступила в редакцию 16.09.2021; одобрена после рецензирования 26.10.2021; принята к публикации 03.11.2021.

The article was submitted 16.09.2021; approved after reviewing 26.10.2021; accepted for publication 03.11.2021.