

Научная статья
УДК 004.94
doi: 10.17586/2713-1874-2025-3-69-82

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ОБРАЩЕНИЙ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНОМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Александр Сергеевич Антонов^{1✉}, Галина Владимировна Горнова²

^{1,2}Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
¹asantonov@itmo.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-9004-8064>
²gornova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6615-0701>
Язык статьи – русский

Аннотация: В исследовании разработан метод моделирования нагрузки системы управления взаимоотношений с жителями региона на примере Центра управления регионом. Такая модель позволяет выявить критические условия для функционирования системы. Это важно для разработки решений, направленных на предотвращение отказов системы, особенно в условиях роста объёма обращений. Для построения такой модели были изучены методы работы с обратной связью и определены системные свойства системы обработки обращений. Для создания модели, отображающей эти свойства и процесс управления, в работе был использован метод дискретно-событийного моделирования. Он подходит для отображения динамики в системах массового обслуживания, позволяет учесть многоступенчатый процесс со случайными событиями, а также тестировать критерии эффективности в различных сценариях. В экспериментальной части работы были использованы сведения о нормативной и фактической скорости маршрутизации обращений, а также несколько наборов данных, прошедших через систему ЦУР. В модели были заданы процессы для этапов работы с обращениями. На основе нормативных требований и фактических данных были сформулированы временные задержки для каждого этапа обработки обращений и произведено моделирование потока обращений в четырёх сценариях с различной нагрузкой и условиями. Результаты показали, что в текущей организационной структуре и с существующими методами маршрутизации в системе присутствует риск нарушения критериев эффективности.

Ключевые слова: данные социальных сетей, дискретно-событийное моделирование, интеллектуальная маршрутизация, системы массового обслуживания, электронное правительство

Ссылка для цитирования: Антонов А. С., Горнова Г. В. Анализ устойчивости системы маршрутизации обращений Центра управления регионом с помощью метода дискретно-событийного моделирования // Экономика. Право. Инновации. 2025. Т. 13. № 3. С. 69–82. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2025-3-69-82>.

STABILITY ANALYSIS OF A REGIONAL MANAGEMENT CENTER'S REQUEST-ROUTING SYSTEM USING DISCRETE-EVENT SIMULATION

Aleksandr S. Antonov^{1✉}, Galina V. Gornova²

^{1,2}ITMO University, Saint Petersburg, Russia
¹asantonov@itmo.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-9004-8064>
²gornova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6615-0701>
Article in Russian

Abstract: This study develops a modeling approach for the workload of a regional citizen relationship management system, exemplified by a Regional Management Center (RMC). The model enables identification of critical operating conditions for the system, which is essential for devising measures to prevent failures, particularly under rising request volumes. To construct the model, we examined feedback mechanisms and characterized the system-level properties of the request-processing pipeline. To represent these properties and the management process, we employed discrete-event simulation. This approach is well suited to capturing the dynamics of queueing systems, accommodates multi-stage processes with stochastic events, and allows evaluation of performance criteria across diverse scenarios. The experimental component draws on both prescribed (normative) and observed routing rates, as well as several datasets that have passed through the RMC. The model instantiates processes for each stage of request handling. Based on regulatory requirements and empirical data, we specified stage-wise service-time delays and simulated request flows under four scenarios with varying loads and conditions. The results indicate that, given the current organizational structure and routing methods, the system is at risk of violating established performance targets.

Keywords: discrete-event simulation, e-government, intelligent routing, queueing systems, social network data

For citation Antonov A. S., Gornova G. V. Stability Analysis of a Regional Management Center's Request-Routing System Using Discrete-Event Simulation. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2025. Vol. 13. No. 3. pp. 69–82. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2025-3-69-82>.

Введение. Подход к организации управления в организационных системах управления регионом в Российской Федерации и за рубежом существенно изменился за последние 10 лет. Взаимодействие граждан и управляющей системы под влиянием концепции «нового государственного управления» переняло ряд практик коммерческих организационных систем. В частности, для улучшения качества жизни в регионе начал применяться проблемно-ориентированный подход, а получение информации об объекте управления стало осуществляться через ряд современных каналов связи, включающих региональные голосовые и цифровые системы обратной связи (например, телефонные линии и сервисы электронного участия), централизованную платформу обратной связи, социальные сети. Для обеспечения маршрутизации обращений и анализа выраженных в них проблем в 2020 году в России были сформированы Центры управления регионом (ЦУР).

ЦУР – это подсистема организационной системы управления регионом, которая обеспечивает маршрутизацию поступающих обращений через каналы связи с помощью централизации процессов сбора, категоризации и анализа комплексной картины проблем на основе предварительно структурированных обращений граждан с последующей подготовкой рекомендаций для управленческих воздействий на уровне руководства региона.

В результате увеличения доли современных каналов связи в общем потоке обращений их ежедневный объем значительно увеличился. В частности, в Санкт-Петербурге с 2016 года (периода начала активного использования электронных обращений) рост обращений через каналы социальных сетей, цифровых и голосовых систем обратной связи и платформу обратной связи (обращения в социальной сети ВК, сервисе «Наш Санкт-Петербург», горячей телефонной линии 004 и обращения через портал Госуслуги соответственно) вырос в девять раз, что показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – График роста объема обращений по годам
Источник: составлен автором

Также с переносом практики формирования ЦУР из Московской области на остальные регионы Российской Федерации происходит изменение подхода к управлению городской средой в части принятия решений от поочередной обработки индивидуальных обращений к управляющим воздействиям на основе формируемой картины комплексных проблем (ККП). На основе данных, получаемых в результате анализа ККП, осуществляется формирование рекомендаций для приоритетов работы органов власти.

Качественное и своевременное решение социально значимых проблем в результате зависит от эффективности маршрутизации и анализа обращений, включающих в себя структурирование поступающих сигналов, определение их контекста и формирования комплексной картины проблем, на основе которой разрабатываются дорожные карты по их решению. Для обеспечения этой эффективности с помощью разработки новых методов интеллектуальной маршрутизации обращений граждан необходимо выполнить моделирование целевого процесса с учетом его параметров эффективности и предельной нагрузки в различных условиях.

Целью работы является выполнение анализа устойчивости системы маршрутизации обращений Центра управления регионом с помощью метода дискретно-событийного моделирования. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи.

1) Проанализировать организационную систему ЦУР.

2) Определить параметры эффективности маршрутизации обращений.

3) Проанализировать существующие методы моделирования процессов в системах управления регионом и системах массового обслуживания.

4) Разработать модель маршрутизации обращений.

5) Выполнить апробацию в ряде сценариев с различными входными параметрами и условиями функционирования системы.

6) Оценить устойчивость системы маршрутизации обращений и предложить методы ее улучшения.

В работе выдвигаются две гипотезы:

1) Увеличение нагрузки системы сбора и обработки обращений в 1.5 раза приведет к сбою в работе системы.

2) Централизация существующих каналов связи в одной системе сбора и обработки обращений приведет к сбою в работе системы.

Литературный обзор и анализ предметной области. Для анализа организационной системы ЦУР и процесса работы с обращениями необходимо задать концептуальные рамки, в которых эта система развивалась.

Проблемно ориентированное государственное управление – это подход к планированию и внедрению управленческих воздействий, основанный на необходимости адаптации органов власти и других организаций к социально значимым проблемам, которые необходимо решить [1]. Проблема как социальный конструкт является частичным результатом человеческого восприятия. По этой причине возникновение социально значимых проблем сложно предугадать, и, как результат, сложно заранее сформировать структуру и процессы управления таким образом, чтобы предотвратить их появление.

Решение таких проблем требует изменений в функционировании органов власти. Крайне важными задачами в этом процессе являются выявление и анализ проблем, а также изучение их развития во времени. Для эффективного решения необходимо формировать гипотезы, основанные на собираемых данных, проверять их и изменять процессы функционирования и структуру управления, чтобы корректировать дисфункциональные практики и усиливать значимость наиболее функциональных.

В парадигме проблемно ориентированного государственного управления ключевым аспектом является способность организации к последовательным изменениям своих процессов для решения возникающих социально важных проблем. Это осуществляется посредством формирования теории изменений, основанной на данных, а не на использовании набора данных как такового. Способность к последовательным изменениям опирается на взаимодействие между органами власти и обществом, а также на сбор и анализ данных о возникающих проблемах. Реализация этих способностей в практической деятельности городских администраций осуществляется через различные каналы связи, которые ускоряют и облегчают взаимодействие по

вопросам проблем между гражданами и органами власти.

С начала XXI века получили развитие горячие телефонные линии, которые с процессом цифровизации государственного управления были объединены или дополнены веб-сервисами и мобильными приложениями электронного участия. Эти технологии предоставили возможность сообщать о проблемах через Интернет. Подобные горячие телефонные линии и последующие цифровые методы взаимодействия населения и органов власти находятся на пересечении классического подхода к этому процессу, представленного в концепции New Public Administration [2, 3], и подхода, где граждане воспринимаются как пользователи инфраструктуры или потребители услуг, как это описано в концепции New Public Management [4, 5]. Взаимодействие с гражданами происходит по индивидуальным вопросам, а приоритетной задачей для органов власти является обеспечение наилучшего качества предоставляемых услуг и удовлетворение потребностей клиента.

Эволюция подходов к взаимодействию улучшила способность выявлять и решать социально значимые проблемы. Однако изменение процессов управления городской средой для решения каждой появляющейся проблемы может приводить к накоплению ошибок и дестабилизации организационной системы. Для поддержания последовательности изменений необходима разработка и проверка теорий изменений, что осуществляется с помощью анализа данных. Переход к цифровизации взаимодействия органов власти и граждан привел к накоплению больших объемов данных, которые зачастую являются текстовыми или аудиоданными и слабо структурированными [6]. Это затрудняет корректную маршрутизацию обращений по исполнителям, а также усложняет формирование комплексной картины проблем (ККП), объединяющей набор проблем по ряду характеристик. Подобные сущности предоставляют необходимую структурированную информацию для формулирования и проверки теорий изменений в государственных управленческих системах.

В практической деятельности органов власти задачи обеспечения взаимодействия между органами власти, другими

организациями и обществом по вопросам решения проблем, а также сбора, обработки и анализа данных о проблемах реализуются в организационных системах в составе общей системы управления городской средой. Эти системы поддерживают деятельность каналов связи, таких как горячие линии и сервисы электронного участия, соответствующие концепции New Public Management. Примеры таких систем включают американскую горячую линию и сервис электронного участия 311 [7], китайский 12345 и другие.

С 2012–2014 годов в различных субъектах Российской Федерации начали формироваться горячие линии и сервисы электронного участия, такие как «Добродел» [8] и «Наш Санкт-Петербург» [9]. Портал «Наш Санкт-Петербург», созданный в 2014 году, дополняет единую горячую линию по вопросам городского благоустройства 004 мобильным приложением и веб-сервисом. Эффективность его работы оценивается по двум критериям: коэффициент времени исполнения и коэффициент исполнительской дисциплины, отображающим, насколько быстро была решена проблема жителя города и были ли соблюдены сроки. Житель может также обозначить свою удовлетворенность подтверждением или обжалованием решения проблемы.

Схожий подход был использован в организационной системе данного исследования – центре управления регионом. Пилотный Центр управления регионом (ЦУР) был введен в действие в Московской области в 2019 году. В 2020 году организация «Диалог. Регионы» разработала типовую подсистему поддержки процессов проблемно-ориентированного управления, впоследствии дополненную аналогичным Центром управления муниципальным образованием. Правила создания и функционирования ЦУР [10] были рекомендованы для применения во всех регионах России. С переносом практики формирования ЦУР из Московской области на остальные регионы происходит изменение подхода к управлению городской средой, переходя от поочередной обработки индивидуальных обращений к управленческим воздействиям на основе анализа комплексных проблем. На основе данных, получаемых в результате анализа ККП, формируются рекомендации для приоритетов работы органов власти.

По Положению о Центре управления регионом в Санкт-Петербурге [11], ЦУР занимается координацией мониторинга и обработки обращений о социально значимых проблемах, которые поступают в порядке, указанном в Федеральном законе N 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации» [12] (в письменном виде и в результате личных посещений), а также через современные каналы связи (официальные группы органов власти и губернатора в социальной сети ВКонтакте, платформу обратной связи, интегрированную в портал Госуслуги).

Для целей координации мониторинга и обработки обращений ЦУР выполняет следующие задачи.

- 1) Сбор обращений из различных каналов связи.
- 2) Структурирование и формализация обращений.
- 3) Координация процесса обработки обращений и подготовки ответов органами власти.
- 4) Мониторинг процесса решения проблем.
- 5) Формирование комплексных картин проблем и выявление проблемных точек.
- 6) Прогнозирование эскалации ситуаций.
- 7) Подготовка рекомендательных материалов и участие в разработке дорожных карт по решению сложных проблем.

Схема ЦУР в структуре управления городом представлена на рисунке 2.

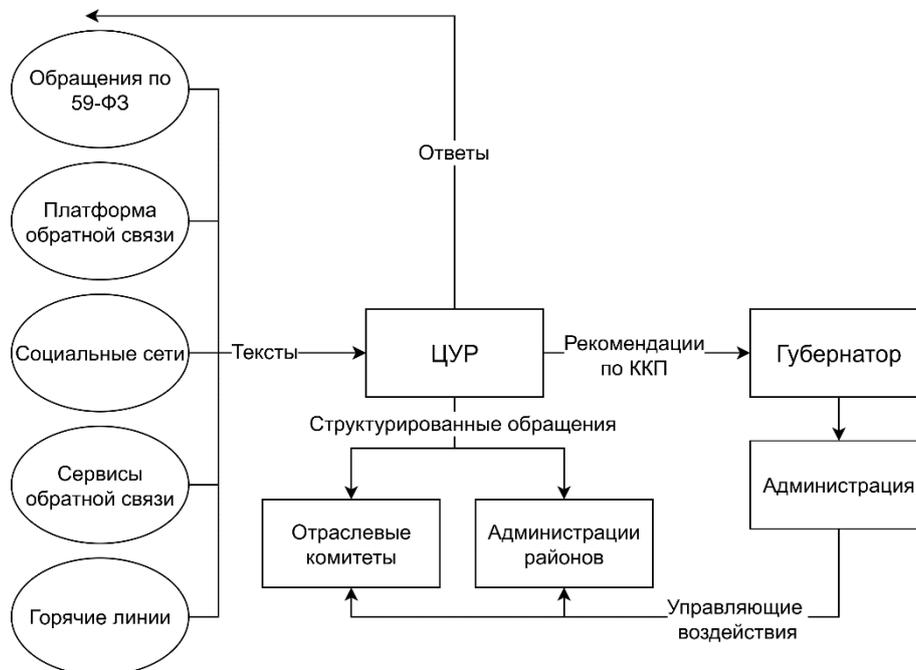


Рисунок 2 – Структура управления городом со включением ЦУР

Источник: составлен автором

Из Правил предоставления субсидий для обеспечения деятельности ЦУР [10] можно выделить ряд целевых показателей, по которым в том числе определяется эффективность работы системы управления регионом в части работы с социально значимыми проблемами. В эти показатели входят:

- доля обращений, проблемы которых были решены с применением механизмов ускоренного решения;
- доля обращений, которые были обработаны с помощью системы автоматизированной доставки обращения до конечного исполнителя;

- доля обращений, по которым реализованы мероприятия планов («дорожных карт») по устранению причин таких обращений и сообщений.

По Федеральному закону № 59-ФЗ [12] предельным сроком, за который необходимо рассмотреть обращение и принять по нему решение, является период в 30 рабочих дней. Регламент работы с обращениями граждан Платформы обратной связи [13] также определяет механизм ускоренного решения проблемы «фаст-трек», в рамках которого весь процесс от модерации до исполнения и утверждения решения должен занимать не больше

10 дней, из которых на этапы модерации и координации, за которые отвечает ЦУР, должно уходить не больше 12 часов каждый.

Также отдельные требования к исполнителям, отвечающим за один из этапов обработки обращений, устанавливаются региональными нормативными документами. В частности, это могут быть следующие параметры: количество инцидентов (обращений) на 1000 жителей муниципального образования или на орган исполнительной власти; среднее время отработки обращений; доля просроченных инцидентов в отчетном периоде; качество ответов (выраженное в проценте возвратов на доработку со стороны операторов).

Еще одним параметром, определяемым на региональном уровне, является процедура обработки обращений. В некоторых ЦУР, в частности, в Кировской области [14], существует требование о мониторинге новых, повторных, просроченных и отложенных обращений граждан. На основе этого требования можно сделать вывод, что каждое сообщение, поступившее в систему, должно быть рассмотрено. В условиях роста объема обращений важным параметром является рост

«бэклога» – набора обращений, которые не удалось рассмотреть вовремя.

В результате анализа нормативной документации можно определить следующие параметры эффективности: предельный срок рассмотрения обращения в 30 дней от поступления; срок по механизму «фаст-трек» в 10 дней с 12 часами на этап маршрутизации; объем «бэклога». Они будут оцениваться при симуляциях в разработанной модели.

Методы и материалы исследования. На основе критериев эффективности, определенных из нормативной документации, а также схожести подхода, обозначенного в концепции New Public Management, можно сделать вывод, что методы, направленные на моделирование процессов работы с обращениями в коммерческом секторе, могут быть применены для этих же целей в государственном секторе.

При этом процесс маршрутизации обращений в сфере деятельности ЦУР имеет свою значимую специфику. На основе анализа нормативной документации можно выявить ряд параметров данного процесса, который отображен в таблице 1.

Таблица 1

Таблица параметров процесса маршрутизации обращений

Источник: составлена автором

Элемент процесса маршрутизации обращений	Описание элемента	Приблизительные значения
Входящий поток	Дискретный массовый поток с переменной интенсивностью и потенциальной вложенностью обращений	От 150 до 2000 сообщений в день по данным ЦУР Санкт-Петербурга, с выбросами. Можно открыть обращение повторно или сделать уточнение.
Единица потока (обращение)	Имеет пространственные, временные характеристики, а также минимум два вида семантических (намерение и функция)	Пространственные: адрес; Временные: дата; Намерение: вопрос или жалоба; Функция: отрасль хозяйства (ЖКХ, Транспорт, Здравоохранение и др.)
Участники процесса	Многоэтапная система обработки. Включает в себя операторов со специализацией на группе функциональных компетенций и исполнителей (ИОГВ или ОМС/администрации районов). Исполнители могут вернуть обращение, если оно не в их зоне ответственности	От 6 до 12 операторов, в зависимости от ЦУР

Продолжение таблицы 1

Элемент процесса маршрутизации обращений	Описание элемента	Приблизительные значения
Ограничения	Обращение не может быть отменено, в результате формируется накапливающийся пул обращений с предельными сроками обработки; также установлены KPI по эффективности	Сроки обработки: от 3 до 30 рабочих дней в зависимости от категории и регламентов ЦУР

На основе таблицы можно описать процесс маршрутизации обращений в ЦУР как модель массового обслуживания типа $M_x/G/c$ с распределением, основанным на специализации операторов, открытой сетью массового обслуживания и возможностью возвратов обращений.

Далее в работе были изучены методы моделирования и проанализировано соответствие методов задачам исследования. В частности, были рассмотрены следующие методы моделирования:

- модель марковского процесса;
- потоковое моделирование;
- агентное моделирование;
- дискретно-событийное моделирование;
- применение глубокого машинного обучения с подкреплением.

Классический подход для анализа процессов в системах массового обслуживания с применением марковских процессов [15] потребует значительных упрощений, в частности, использования экспоненциального времени обслуживания и агрегирования случаев возврата обращений на другие этапы. Таким образом, этот метод может быть использован только для предварительной оценки соблюдения ограничений и KPI в процессе.

Потоковое моделирование [16] может быть применено для анализа с точки зрения моделирования устойчивости системы и возможности обработать растущий объем обращений в заданные нормативно сроки. При этом для лучших результатов моделирования необходимо рассчитывать модель на значительно большем количестве операторов.

Агентное моделирование [17] является более комплексным методом, но оно преимущественно

используется для задач, когда необходимо оценивать поведение отдельных агентов (например, более подробный анализ деятельности операторов). Схожим по сложности является дискретно-событийное моделирование [18]. Оно позволяет подробно описать неоднородный входящий поток обращений (в том числе с учетом сбора обращений раз в день), распределение потока по операторам в соответствии с их компетенцией, а также с включением вероятности возвратов на разных этапах. Также этот метод позволит вычислить все существующие критерии эффективности при наличии достаточного объема данных.

Более эффективным методом может быть применение [19] машинного обучения. Разработка симуляционной модели на его основе может позволить оптимизировать распределение задач по операторам и, далее, по исполнителям. Такой подход может предоставить более точные результаты по определению решений для улучшения эффективности системы с точки зрения организации процесса, но для оценки текущей эффективности наиболее оптимальным является метод дискретно-событийного моделирования. По этой причине он был выбран в данной работе для вычисления показателей и предела устойчивости системы маршрутизации ЦУР. Для того, чтобы определить точное количество обращений, превышающих нормативные ограничения по времени обработки, также был использован дискретно-временный метод.

Для создания модели была использована библиотека SimPy на языке Python. Параметры модели были определены на основе нормативных требований и интервью с представителями ЦУР Санкт-Петербурга. Также

для разработки модели был получен временной ряд с распределением количества обращений по дням за 2022 год. Этот временной ряд включает в себя обращения, полученные из Платформы обратной связи, а также вопросы и обращения, собираемые из официальных групп органов власти в социальной сети ВК. Дополнительно использовался набор данных с временным рядом поступления обращений на портал «Наш Санкт-Петербург».

Дискретно-событийная модель создает ежедневный поток обращений, который основан на случайной выборке из количества обращений в день для каждого дня недели. Таким образом учитывается неравномерное распределение (в частности, суммарный объем появившихся обращений за пятницу, субботу и воскресенье, который обрабатывается в понедельник). Она включает в себя два этапа – этап операторов, которые получают выгрузку обращений из сервисов, обрабатывают обращения (категоризация, определение адреса), назначают исполнителей и отправляют ответы от исполнителей гражданам, и этап исполнителя – территориального или функционального органа власти. Модель состоит из нескольких элементов.

В статические объекты входят:

- ограниченный ресурс оператора R_{op} .
- ограниченный ресурс исполнителя R_{ex} .
- очередь заявок у операторов Q_{op} .
- очередь заявок у исполнителей Q_{ex} .

В динамические объекты входят:

- заявка Z_i с атрибутами (t_{arr} - время прибытия, cat - категория обращения, $addr$ - локация обращения);

- процесс обработки заявки оператором и исполнителем A_{op} , A_{ex} соответственно;

- процесс маршрутизации P заявки Z_i (последовательность от A_{op} к A_{ex} и к создателю заявки).

- группа событий E_k , в частности: $arrival$ (прибытие Z_i), $start_service$ (начало обработки Z_i), $finish_service$ (завершение обработки Z_i), $return$ (возвращение ответа исполнителю на доработку Z_i), $timeout$ (превышение срока обработки Z_i).

Хронология моделируется в SimPy как упорядоченная серия событий E_k , изменяющих состояния (Q_{op} , Q_{ex} , R_{op} , R_{ex}).

Показатели эффективности выражаются через наблюдаемые величины траектории системы:

- среднее время обслуживания у операторов W_{op} .
- среднее время обслуживания у исполнителей W_{ex} .
- число заявок в системе, которые обрабатываются дольше суток $B(t)$.
- доля заявок с временем обработки более 10 дней P_{10} .
- доля заявок с временем обработки более 30 дней P_{30} .
- коэффициент загрузки операторов ρ_{op} .
- коэффициент загрузки исполнителей ρ_{ex} .

Эти метрики рассчитываются встроенными счетчиками библиотеки SimPy: монитор регистрирует интервалы обслуживания и состояния очередей, а агрегаторы формируют выборочные средние и доли просроченных заявок после каждого прогона Монте-Карло.

Среднее время работы оператора фиксирует, сколько в среднем заявка Z_i находится в динамическом объекте A_{op} (обработка оператором), который использует ресурс R_{op} , начиная от события $start_service$ до $finish_service$ и исключая пребывание в очереди Q_{op} .

Среднее время работы исполнителя отражает аналогичный интервал для пребывания в объекте A_{ex} с ресурсом R_{ex} после выхода из очереди Q_{ex} .

Число заявок в бэклоге $B(t)$ описывает текущий объём динамических объектов Z в системе, чьё событие $arrival$ произошло более суток назад, но при этом итоговое событие $finish_service$ ещё не наступило.

Доля заявок с превышением нормативного времени пребывания в обработке рассчитывается дважды: P_{10} для порога в 10 дней и P_{30} для 30 дней. В каждом случае измеряется отношение числа заявок, чья полная траектория по процессу P (от $arrival$ до $finish_service$) превысила соответствующий норматив, к общему количеству завершённых заявок. Коэффициент загрузки операторов (и отдельно исполнителей) показывает, какую часть доступного времени заняты ресурсы R_{op} и R_{ex} : счётчики симуляции агрегируют фактическое время, в которое хотя бы один процесс A_{op} или A_{ex} удерживал ресурс, и делят его на

временной промежуток, умноженный на мощность ресурса (n_{op} или n_{ex}).

В первом блоке на основе временного ряда определяется объем поступающих обращений $Z(t)$. Далее задаются параметры модели: временной период, который симулируется в модели T , количество часов в рабочем дне N_{day} , приблизительное время, затрачиваемое операторами t_{op} и исполнителями t_{ex} на работу с обращением, количество операторов R_{op} и исполнителей R_{ex} , функциональные категории cat , к которым относится обращение (по классификации ЦУР Санкт-Петербурга их 12 – жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт, благоустройство, здравоохранение, образование, социальная поддержка, безопасность, энергетика, строительство, экологическая обстановка, обращение с твердыми бытовыми отходами.). Также в этом блоке задается распределение специализаций операторов – каждый может обрабатывать обращения по категориям до трех видов включительно.

Во втором блоке задаются параметры скорости работы операторов и исполнителей. Скорость операторов определена на основе интервью и равняется среднему значению в 0.03 часа на сообщение для одного оператора. Скорость исполнителей определена на основе регламента оценки исполнителей для ЦУР Воронежской области и равна распределению от 0 до 6 часов на обращение на одного исполнителя. Также задан параметр, определяющий вероятность того, что обращение может быть решено оператором (например, обращение, требующее предоставления информации или другого короткого ответа). Он равен 0.1. Следующий параметр, который будет использован для сценария увеличенного объема обращений – это параметр сканирования. Также учитывается вероятность того, что оператор направил обращение к неверному исполнителю, из-за чего ему необходимо обработать его заново, а также вероятность того, что качество ответа исполнителя не удовлетворит

оператора и он вернется исполнителю для доработки.

Затем с помощью SimPy определены функции симуляции. Раз в день обращения распределяются по операторам по принципу FIFO – сначала новые, затем обращения из бэклога. После обработки они направляются исполнителям. В конце каждого дня симуляции обновляются счетчики обращений: бэклог $B(t)$, включающий в себя обращения, превысившие по времени обработки 1 день (попавшие в бэклог), а также нормативные лимиты P_{10} и P_{30} . Далее производится симуляция. Применяется усреднение при помощи алгоритма Монте Карло со 100 прогонами для заданных условий. Вычисляется средний результат параметров эффективности отдельно для этапа операторов и этапа исполнителей – количества обращений в бэклоге, а также доли от общего числа, находящиеся в категории просроченных.

Схема модели представлена на рисунке 3.

Результат. Для проверки гипотезы исследования были выполнены симуляции в нескольких сценариях: с предоставленным распределением объема обращений за 2022 год, с выросшим объемом обращений (в 1.5 от общего объема), с увеличенным количеством операторов, с добавленным объемом обращений с портала Наш Санкт-Петербург. Во всех сценариях моделировалась деятельность в течение 2 месяцев, исходя из предположения, что в исполнительных органах власти над решением проблем работает 12 человек, затрачивая до 6 часов на решение каждой проблемы. Вероятность неверного определения исполнителя составляет 5%, возвращения ответа исполнителю на доработку также 5%. 10% обращений решаются операторами.

Первый сценарий основан на существующих данных о нагрузке ЦУР Санкт-Петербурга за 2022 год (от 150 до 2000 обращений в день). Количество операторов составляет 10 человек. Результаты показаны на рисунке 4.

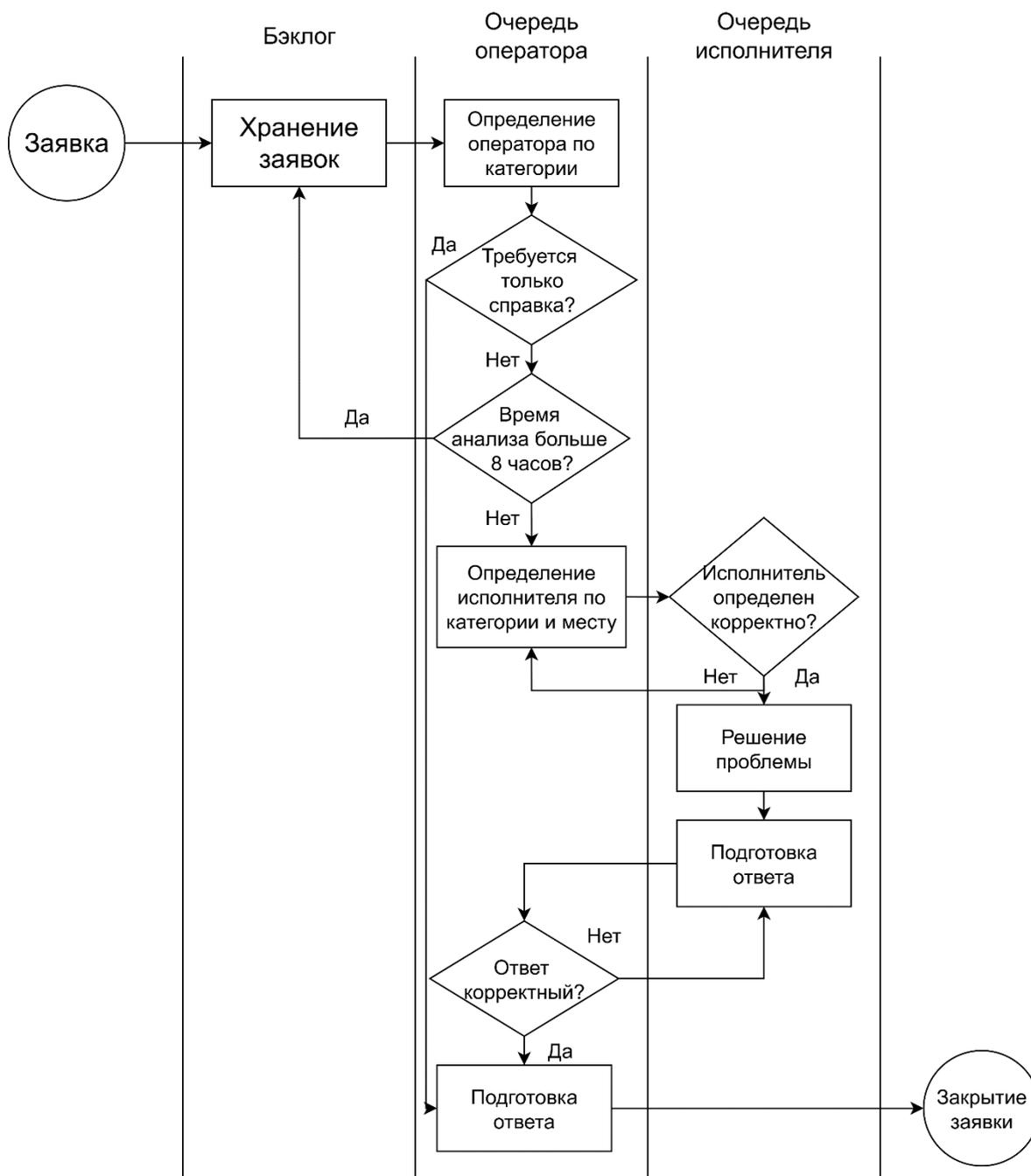


Рисунок 3 – Схема модели
Источник: разработан авторами



Рисунок 4 – Симуляция сценария по историческим данным
Источник: разработан авторами

В результате этой симуляции можно сделать следующие выводы: даже с существующим объемом обращений и расчетом на 10 операторов и 12 исполнителей на каждую категорию присутствует постоянный рост бэклога. Процент превышения нормативных требований при этом не настолько значителен. Тем не менее, в результате такого роста про

цент может увеличиваться, что приведет либо к нарушению устойчивости системы, либо к необходимости не анализировать определенную группу обращений для очистки бэклога.

Второй сценарий основан на таком же количестве операторов, но с ожидаемым ростом объема обращений в среднем в 1.5 раза от текущего. Результаты показаны на рисунке 5.



Рисунок 5 – Симуляция сценария при росте объема обращений

Источник: разработан авторами

Увеличение объема обращений привело к пропорциональному росту бэклога и к значительному увеличению долей обращений, превышающих ограничения. При этом график роста обращений, превышающих 30 дней, близится к экспоненциальной прогрессии.

Третий сценарий основан на предположении, что нагрузку по обработке обращений с портала «Наш Санкт-Петербург» и из других каналов связи объединят в одном центре. Результат показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Симуляция сценария централизации каналов обратной связи

Источник: разработан авторами

В результате объединения объем обращений вырастает в большей степени, чем при моделировании роста по основным каналам обратной связи. Также увеличивается нагрузка на операторов. Значительное превышение ограничений по времени работы с обращениями не позволяет допустить объединения нескольких активных каналов при те-

кущей структуре процесса маршрутизации.

Четвертый сценарий предполагает экстенсивный подход к решению проблемы растущего бэклога и превышения сроков обработки обращений через увеличение количества операторов до 40 человек. Объем обращений в этом случае равен сценарию 2. Результаты отображены на рисунке 7.



Рисунок 7 – Симуляция сценария при увеличении количества операторов
 Источник: разработан авторами

Значительное увеличение количества операторов предотвращает влияние задержек с маршрутизацией обращений на рост бэклога и, как результат, уменьшает долю превышений ограничения для «фаст-трека» до минимума (по условию в этом случае количество времени на обработку обращения операторами не должно превышать 12 часов). Тем не менее, в таком случае обработанные обращения скапливаются на этапе исполнителей. Для решения этой проблемы необходимо системно изменить подход к предварительной обработке и анализу поступающих вопросов и жалоб граждан.

Выводы и рекомендации. В результате проведения симуляций в дискретно-событийной модели было выявлено, что при росте входящего потока обращений в 1.5 раза бэклог $B(t)$ растет пропорционально, при этом доля обращений, которая превышает R_{30} , растет почти экспоненциально. Это выводит систему за рамки установленных KPI, что подтверждает первую гипотезу.

Централизация всех каналов связи (на примере Санкт-Петербурга – обращений с портала «Наш Санкт-Петербург», обращений, получаемых через «Инцидент-менеджмент» из социальной сети VK и обращений с платформы обратной связи) в одной системе без структурного изменения процесса обработки значительно увеличивает нагрузку на операторов и приводит к нарушению P_{10} , P_{30} и накоплению бэклога. Это подтверждает вторую гипотезу исследования.

Проверка экстенсивных изменений (увеличение R_{op} до 40 человек), выполненная в

третьем сценарии, сдвигает «узкое место» в системе на исполнителей, поэтому является только частичным решением. Кроме того, процесс категоризации требует трудоемкого труда аналитиков с экспертизой в ряде отраслей городского хозяйства, и предложение таких специалистов на рынке труда ограничено, что особенно актуально в условиях необходимости развития ЦУР в регионах Российской Федерации.

Для того, чтобы решить описанную проблему, в работе рекомендуется предпринять ряд изменений. В частности, необходимо значительно повысить производительность операторов с помощью сокращения параметра t_{op} , уменьшить вероятность ошибки при назначении исполнителя и предоставить методы анализа комплексных ситуаций. Для этого требуется разработать метод интеллектуальной маршрутизации обращений, основывающийся на их пространственно-функциональных характеристиках. В процесс такой маршрутизации могут входить методы использования ML-классификаторов обращений, NER (natural entity recognition, выявление именованных сущностей) в комбинации со алгоритмами геокодинга для определения локаций обращений, и методы конструирования динамических пространственных графов знаний из обработанных текстов для формирования комплексных картин проблем. Внедрение подобных методов в составе интеллектуальных сервисов и обучение операторов их применению в аналитической деятельности поможет адаптации системы работы с обращениями к растущей нагрузке.

Список источников

1. Mayne Q., de Jong J., Fernandez-Monge F. State Capabilities for Problem-Oriented Governance // *Perspectives on Public Management and Governance*. – 2020. – Т. 3 (1). – С. 33–44. – DOI: 10.1093/ppmgov/gvz023. – Текст: электронный. (In Eng.).
2. Frederickson H. G. The Lineage of New Public Administration // *Administration & Society*. – 1976. – Т. 8 (2). – С. 149–174. – DOI: 10.1177/009539977600800202. – Текст: электронный. (In Eng.).
3. Hurlbert M., Gupta J. The Split Ladder of Participation: A Diagnostic, Strategic, and Evaluation Tool to Assess When Participation Is Necessary // *Environmental Science & Policy*. – 2015. – Т. 50. – С. 100–113. (In Eng.).
4. Thomas J. C. Citizen, Customer, Partner: Rethinking the Place of the Public in Public Management // *Public Administration Review*. – 2013. – Т. 73 (6). – С. 786–796. – DOI: 10.1111/puar.12109. – Текст: электронный. (In Eng.).
5. Alford J., Hughes O. Public Value Pragmatism as the Next Phase of Public Management // *The American Review of Public Administration*. – 2008. – Т. 38 (2). – С. 130–148. – DOI: 10.1177/0275074008314203. – Текст: электронный. (In Eng.).
6. Göbel S. Voting and Social Media-Based Political Participation // *Journal of Quantitative Description: Digital Media*. – 2021. – Т. 1. – DOI: 10.51685/jqd.2021.021. – Текст: электронный. (In Eng.).
7. NYC311 // NYC311 portal. – URL: <https://portal.311.nyc.gov> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
8. Наш город Москва. 2025. – URL: <https://gorod.mos.ru> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.
9. Портал «Наш Санкт-Петербург». 2025. – URL: <https://gorod.gov.spb.ru> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.
10. Постановление Правительства РФ от 16.11.2020 № 1844 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации по развитию цифровых проектов в сфере общественных связей и коммуникаций «Диалог Регионы» на создание и обеспечение функционирования в субъектах Российской Федерации центров управления регионов и Правил создания и функционирования в субъектах Российской Федерации центров управления регионов» // Система «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/74922838> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.
11. Об утверждении Положения и структуры Центра управления регионом в Санкт-Петербурге от 23.12.2020 г. 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191625> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.

References

1. Mayne Q., de Jong J., Fernandez-Monge F. State Capabilities for Problem-Oriented Governance. *Perspectives on Public Management and Governance*. 2020. Vol. 3 (1). pp. 33–44. DOI: 10.1093/ppmgov/gvz023.
2. Frederickson H. G. The Lineage of New Public Administration. *Administration & Society*. 1976. Vol. 8 (2). pp. 149–174. DOI: 10.1177/009539977600800202.
3. Hurlbert M., Gupta J. The Split Ladder of Participation: A Diagnostic, Strategic, and Evaluation Tool to Assess When Participation Is Necessary. *Environmental Science & Policy*. 2015. Vol. 50. pp. 100–113.
4. Thomas J. C. Citizen, Customer, Partner: Rethinking the Place of the Public in Public Management. *Public Administration Review*. 2013. Vol. 73 (6). pp. 786–796. DOI: 10.1111/puar.12109.
5. Alford J., Hughes O. Public Value Pragmatism as the Next Phase of Public Management. *The American Review of Public Administration*. 2008. Vol. 38 (2). pp. 130–148. DOI: 10.1177/0275074008314203.
6. Göbel S. Voting and Social Media-Based Political Participation. *Journal of Quantitative Description: Digital Media*. 2021. Vol. 1. DOI: 10.51685/jqd.2021.021.
7. NYC311. *NYC311 portal*. Available at: <https://portal.311.nyc.gov> (accessed 10.04.2025).
8. Our City Moscow portal. 2025. Available at: <https://gorod.mos.ru> (accessed 10.04.2025). (In Russ.).
9. Our St. Petersburg Portal. 2025. Available at: <https://gorod.gov.spb.ru> (accessed 10.04.2025). (In Russ.).
10. Government of the Russian Federation. Resolution No. 1844 of 16 Nov 2020 «On Approval of the Rules for Granting a Subsidy from the Federal Budget to the Autonomous Non-Profit Organization for the Development of Digital Projects in the Sphere of Public Relations and Communications «Dialog Regions» for the Creation and Ensuring the Functioning, in the Constituent Entities of the Russian Federation, of Regional Management Centers, and of the Rules for the Establishment and Operation, in the Constituent Entities of the Russian Federation, of Regional Management Centers.» *Garant System*. Available at: <https://base.garant.ru/74922838> (accessed: 10.04.2025). (In Russ.).
11. On Approval of the Regulation and Structure of the Regional Management Center in Saint Petersburg (dated 23 Dec 2020). *Government of Saint Petersburg*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573191625> (accessed: 10.04.2025). (In Russ.).

12. Федеральный закон от 02.05.2006 № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации». 2025 // Система «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/12146661> (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.
13. Платформа обратной связи (ПОС). 2025. – URL: <https://pos.gosuslugi.ru/docs#pf> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.
14. Постановление Правительства Кировской области от 29.12.2021 № 743-П «Об утверждении Регламента функционирования и информационного обеспечения Центра управления регионом Кировской области». 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/578062657> (дата обращения: 10.04.2025). – Текст: электронный.
15. Chakravarthy S. R., Shruti S., Rummyantsev A. Analysis of a Queueing Model with Batch Markovian Arrival Process and General Distribution for Group Clearance // *Methodology and Computing in Applied Probability*. – 2021. – Т. 23 (4). – С. 1551–1579. – DOI: 10.1007/s11009-020-09828-4. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Puha A. L., Ward A. R. Fluid Limits for Multiclass G/GI/N+GI Queues with General Reneging Distributions and Head-of-the-Line Scheduling // *Mathematics of Operations Research*. – 2022. – Т. 47 (2). – С. 1192–1228. – DOI: 10.1287/moor.2021.1166. – Текст: электронный. (In Eng.).
17. Fuller D. B., Arruda E. F., Ferreira Filho V. J. M. Learning-Agent-Based Simulation for Queue Network Systems // *Journal of the Operational Research Society*. – 2020. Т. 71 (11). – С. 1723–1739. – DOI: 10.1080/01605682.2019.1633232. – Текст: электронный. (In Eng.).
18. Vecillas Martin D., Berruezo Fernández C., Gento Municio A.M. Systematic Review of Discrete Event Simulation in Healthcare and Statistics Distributions // *Applied Sciences*. – 2025. – Т. 15 (4). – С. 1861. – DOI: 10.3390/app15041861. – Текст: электронный. (In Eng.).
19. Dai J.G., Gluzman M. Queueing Network Controls via Deep Reinforcement Learning // *Stochastic Systems*. – 2022. – Т. 12 (1). – С. 30–67. – DOI: 10.1287/stsy.2021.0081. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Russian Federation. Federal Law No. 59-FZ of 2 May 2006 «On the Procedure for the Consideration of Appeals of Citizens of the Russian Federation». 2025. *Garant System*. Available at: <https://base.garant.ru/12146661> (accessed: 10.06.2025). (In Russ.).
13. Feedback Platform (POS). 2025. Available at: <https://pos.gosuslugi.ru/docs#pf> (accessed: 10.04.2025). (In Russ.).
14. Government of Kirov Oblast. Resolution No. 743-P of 29 Dec 2021 «On Approval of the Regulation on the Functioning and Information Support of the Regional Management Center of Kirov Oblast». 2025. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/578062657> (accessed: 10.04.2025). (In Russ.).
15. Chakravarthy S. R., Shruti S., Rummyantsev A. Analysis of a Queueing Model with Batch Markovian Arrival Process and General Distribution for Group Clearance. *Methodology and Computing in Applied Probability*. 2021. Vol. 23 (4). pp. 1551–1579. DOI: 10.1007/s11009-020-09828-4.
16. Puha A. L., Ward A. R. Fluid Limits for Multiclass G/GI/N+GI Queues with General Reneging Distributions and Head-of-the-Line Scheduling. *Mathematics of Operations Research*. 2022. Vol. 47(2). pp. 1192–1228. DOI: 10.1287/moor.2021.1166.
17. Fuller D. B., Arruda E. F., Ferreira Filho V. J. M. Learning-Agent-Based Simulation for Queue Network Systems. *Journal of the Operational Research Society*. 2020. Vol. 71 (11). pp. 1723–1739. DOI: 10.1080/01605682.2019.1633232.
18. Vecillas Martin D., Berruezo Fernández C., Gento Municio A.M. Systematic Review of Discrete Event Simulation in Healthcare and Statistics Distributions. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15 (4). P. 1861. DOI: 10.3390/app15041861.
19. Dai J.G., Gluzman M. Queueing Network Controls via Deep Reinforcement Learning. *Stochastic Systems*. 2022. Vol. 12 (1). pp. 30–67. DOI: 10.1287/stsy.2021.0081.