

Фурсов, Д. В. Применение методов оптимизации в задаче распространения информации в средствах массовой коммуникации / Д. В. Фурсов, А. Ю. Крылатов, М. В. Свиркин // Прикладная математика и вопросы управления. – 2024. – № 1. – С. 139–159. – DOI 10.15593/2499-9873/2024.1.09

**Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018**

Фурсов, Д. В. Применение методов оптимизации в задаче распространения информации в средствах массовой коммуникации / Д. В. Фурсов, А. Ю. Крылатов, М. В. Свиркин. – Текст : непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2024. – № 1. – С. 139–159. – DOI 10.15593/2499-9873/2024.1.09



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА  
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ  
№ 1, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.1.09

УДК 51-73 + 519.8



## Применение методов оптимизации в задаче распространения информации в средствах массовой коммуникации

Д.В. Фурсов, А.Ю. Крылатов, М.В. Свиркин

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

### О СТАТЬЕ

Получена: 29 марта 2024  
Одобрена: 25 апреля 2024  
Принята к публикации:  
27 апреля 2024

#### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Вклад авторов

равноценен.

#### Ключевые слова:

методы оптимизации, задача линейного программирования, многокритериальная оптимизация, моделирование распространения информации, математическое моделирование, средства массовой коммуникации, оптимизационная модель, обработка данных, матрица объектов-признаков, поддержка принятия управленческих решений, Python, SciPy, PyCharm.

### АННОТАЦИЯ

Применение математических методов в различных прикладных областях играет большую роль при принятии управленческих решений. Оптимизационные модели являются неотъемлемой частью математического аппарата, используемого как различными государственными институтами, так и бизнесом для помощи лицам, принимающим решение в сложных условиях с целью проведения полного и объективного анализа предметной деятельности. Рассматривается оптимизационный подход к решению проблемы определения перечня площадок распространения информации в средствах массовой коммуникации.

Сформулированы новые постановки задач целочисленного линейного программирования и многокритериальной оптимизации для моделирования распространения информации. Имплементирован алгоритм обработки статистических данных для формирования матрицы объектов-признаков. Реализованы и апробированы методы решения сформулированных задач оптимизации в задаче определения перечня площадок распространения информации. Проведен анализ чувствительности в задаче многокритериальной оптимизации, рассмотрены результаты численного моделирования при различных входных параметрах, сделаны соответствующие выводы и замечания.

Актуальность продиктована нарастающей ролью информационных площадок и потребностью оптимизировать процесс принятия решений в области управления информацией.

© Фурсов Дмитрий Викторович – аспирант, ассистент, кафедра математической теории экономических решений, e-mail: [fursov\\_dmitriy\\_1996@mail.ru](mailto:fursov_dmitriy_1996@mail.ru), ORCID 0000-0001-7991-1218.

Крылатов Александр Юрьевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математической теории экономических решений, e-mail: [aykrylatov@yandex.ru](mailto:aykrylatov@yandex.ru), ORCID 0000-0002-6634-1313.

Свиркин Михаил Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра математического моделирования энергетических систем, e-mail: [smv01\\_01@mail.ru](mailto:smv01_01@mail.ru), ORCID 0000-0002-0820-6228.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

**Perm Polytech Style:** Fursov D.V., Krylatov A.Yu., Svirkin M.V. Application of optimization methods in the problem of information dissemination in mass media. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2024, no. 1, pp. 139–159. DOI: 10.15593/2499-9873/2024.1.09

**MDPI and ACS Style:** Fursov, D.V.; Krylatov, A.Yu.; Svirkin, M.V. Application of optimization methods in the problem of information dissemination in mass media. *Appl. Math. Control Sci.* **2024**, **1**, 139–159. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.1.09>

**Chicago/Turabian Style:** Fursov, Dmitry, Alexander Yu. Krylatov, and Mikhail V. Svirkin. 2024. “Application of optimization methods in the problem of information dissemination in mass media”. *Appl. Math. Control Sci.* no. 1: 139–159. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.1.09>



APPLIED MATHEMATICS  
AND CONTROL SCIENCES

№ 1, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.1.09

UDC 51-73 + 519.8



## Application of optimization methods in the problem of information dissemination in mass media

D.V. Fursov, A.Yu. Krylatov, M.V. Svirkin

Saint Petersburg University, Saint-Petersburg, Russian Federation

### ARTICLE INFO

Received: 29 March 2024  
Approved: 25 April 2024  
Accepted for publication:  
27 April 2024

#### Funding

This research received  
no external funding.

#### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict  
of interest.

#### Author Contributions

equivalent.

#### Keywords:

optimization methods, linear programming problem, multicriteria optimization, information dissemination modeling, mathematical modeling, mass communications, optimization model, data processing, feature-object matrix, management decision support, Python, SciPy, PyCharm.

### ABSTRACT

The use of mathematical methods in various applied areas plays an important role in making management decisions. Optimization models are an integral part of the mathematical apparatus used by both various government institutions and businesses to help decision makers in difficult conditions in order to conduct a complete and objective analysis of subject activity. This paper discusses an optimization approach to solving the problem of determining the list of platforms for disseminating information in the media.

The article formulates new formulations of integer linear programming and multicriteria optimization problems for modeling information dissemination. An algorithm for processing statistical data has been implemented to generate a matrix of object-features. Methods for solving the formulated optimization problems in the problem of determining the list of information dissemination sites have been implemented and tested. A sensitivity analysis was carried out in a multicriteria optimization problem, the results of numerical modeling for various input parameters were considered, and appropriate conclusions and comments were made.

The relevance is dictated by the growing role of information platforms and the need to optimize the process of making decisions in the field of information management.

© **Dmitry V. Fursov** – Ph. D. Student, assistant, Department of Mathematical Theory of Economic Decisions, e-mail: [fursov\\_dmitriy\\_1996@mail.ru](mailto:fursov_dmitriy_1996@mail.ru), ORCID 0000-0001-7991-1218.

**Alexander Yu. Krylatov** – Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, Head of Department, Department of Mathematical Theory of Economic Decisions, e-mail: [aykrylatov@yandex.ru](mailto:aykrylatov@yandex.ru), ORCID 0000-0002-6634-1313.

**Mikhail V. Svirkin** – CSc of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical Modeling of Energy Systems, e-mail: [smv01\\_01@mail.ru](mailto:smv01_01@mail.ru), ORCID 0000-0002-0820-6228.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## Введение

Использование методов оптимизации при решении проблемы определения перечня площадок распространения информации в средствах массовой коммуникации<sup>2</sup> (далее СМК) играет ключевую роль в современном обществе. Сегодняшний бизнес становится все более зависим от современных коммуникационных технологий в задаче распространения информации. Быстрые изменения в цифровой среде и повсеместное использование интернета привели к тому, что компании и организации вынуждены адаптироваться к новым требованиям и использовать передовые технологии для эффективной коммуникации и продвижения информации. Компании, которые умело используют новейшие инструменты для коммуникации, получают конкурентное преимущество, улучшают свою репутацию и укрепляют связи с клиентами.

В работе предложена оптимизационная модель, формирующая набор площадок распространения информации, исходя из заданных входных параметров и предпочтений рекламодателя. Применение оптимизационного подхода позволяет эффективно управлять процессом передачи информации от отправителя к получателю, минимизировать временные и ресурсные затраты, а также максимизировать охват аудитории и другие ключевые показатели обратной связи в условиях ограничений по бюджету. При использовании методов оптимизации в задаче распространения информации необходимо учитывать различные факторы, такие как характер информации, целевая аудитория, каналы коммуникации, время и бюджет. Анализ этих факторов позволяет оптимально выбирать стратегии распространения информации, временные промежутки и формы представления информации для каждой выбранной площадки, а также оценивать эффективность проводимых мероприятий.

Применение методов оптимизации в задаче распространения информации помогает компаниям и организациям добиться максимального воздействия на целевую аудиторию, увеличить уровень вовлеченности и реакции на информацию, а также повысить общую эффективность коммуникационных стратегий. Таким образом, оптимизация играет важную роль в успешной коммуникации и распространении информации в современном мире.

Анализ существующей литературы по применению математических, эвристических и статистических методов для решения задачи показывает, что большинство подобных работ рассматривают подходы, которые не учитывают в полной мере статистические данные, условие бюджетных ограничений, а также не формируют матрицу объектов-признаков [1–8]. За исключением применения алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта, однако следует отметить, что интеграция таких программных решений, как Albert – маркетинговая платформа искусственного интеллекта [9] и «МТС Маркетолог» – рекламная платформа на базе «Big Data МТС» [10], влечет за собой существенные траты, которые могут себе позволить только крупные компании. Представленное решение позволяет моделировать набор площадок, в которых будет публиковаться информация, без больших вложений, учитывая важность критериев, сформулированных заказчиком. Кроме того, представленный рекомендательный блок, реализованный в виде отдельных функций, даст возможность учитывать особенности поведенческой активности аудиторий площадок.

Актуальность использования оптимизационного подхода при моделировании процессов, протекающих в сложных организационных системах, определяется потребностью формирования перечня площадок распространения информации при различных предпочтениях и проведения анализа реакции системы при меняющихся условиях.

---

<sup>2</sup> В соответствие со статьей 10.4 Федерального закона РФ от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», а также законом РФ от 27.12.1991 № 2124-1 (ред. от 11.03.2024) «О средствах массовой информации».

## 1. Описание и постановка задачи

Поскольку рассматриваемые понятия, приведенные во введении, охватывают весьма широкий спектр средств, инструментов и способов предоставления информации неопределенному кругу лиц, а также исходя из специфики экспериментальной части данного исследования, предлагается под распространением информации понимать ее продвижение путем публикации рекламной записи<sup>3</sup>, а под СМК – социальные сети<sup>4</sup>. Для проведения численного моделирования и удобства интерпретации результатов была взята социальная сеть «ВКонтакте» [11]. В данной работе продвижение информации будет осуществляться в части коммуникативного воздействия [12] на потребителя с целью увеличения продаж, позиционирования бренда [13; 14] или создания корпоративного имиджа [15]. Вследствие того, что продвижение информации будет происходить в рамках социальных сетей, под площадкой понимается сообщество социальной сети [16]. В сообществе администраторами опубликовываются записи как в рамках темы группы, так и в коммерческих целях. Такие записи называются рекламными. Стоимость размещения подобной записи зависит от многих факторов: активности аудитории, тематики, времени года и так далее. Соответственно, лицо, которое обращается к администраторам сообщества с целью публикации рекламной записи, является клиентом.

Для того чтобы оценивать возможные результаты проведения рекламных кампаний, требуются данные, отражающие активность в сообществе. В данной работе оценивание активности аудитории в сообществе происходит по среднестатистическим показателям записи за выбранный временной период в силу ограниченной возможности получения данных, содержащих иную дополняющую информацию.

Итак, рассмотрим возможные постановки задачи формирования набора сообществ для размещения в них рекламных записей.

### 1.1. Задача целочисленного линейного программирования

**Формулировка:** клиенту требуется увеличить объем реализуемой им продукции, для чего он готов выделить некоторую сумму денежных средств. Клиент хочет провести рекламную кампанию таким образом, чтобы как можно больше пользователей сети узнали о его продукте. Следовательно, требуется при заданной тематике, временном периоде, целевом параметре, бюджете и, возможно, наличии портрета аудитории определить такой набор сообществ, который будет максимизировать суммарное количество просмотров опубликованных рекламных записей. Отметим, что как одна и та же рекламная запись может быть опубликована в нескольких сообществах, так и для каждого выбранного сообщества рекламная запись может быть отредактирована отдельно с учетом особенностей ее аудитории.

Постановка задачи: пусть задана тематика, бюджет, месяц года, целевой параметр и, возможно, сформулирован портрет аудитории, тогда из множества  $X$  будет выбрано путем отбора некоторое подмножество сообществ –  $x_i \in X$ , стоимость размещения рекламной записи в  $i$ -ом сообществе –  $b_i$ , количественное значение выбранного целевого показателя

---

<sup>3</sup> В соответствии с Федеральным законом РФ от 13.03.2006 № 38-ФЗ (ред. от 11.03.2024) «О рекламе».

<sup>4</sup> В соответствии со статьей 10.6 Федерального закона РФ от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 12.12.2023) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

в  $i$ -м сообществе для среднестатистической записи в заданном месяце года –  $c_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , бюджет клиента –  $P$ . Тогда формулируется задача целочисленного линейного программирования для определения набора сообществ, максимизирующего просмотры рекламной записи, с заданными линейными ограничениями по бюджету и, чтобы решить поставленную задачу, необходимо найти решение системы (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i \leq P; \\ x_i \in \{0; 1\}; i = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad (1)$$

## 1.2. Задача многокритериальной оптимизации

**Формулировка:** клиенту требуется провести позиционирование бренда, для чего он готов выделить некоторую сумму денежных средств. Клиент хочет провести рекламную кампанию таким образом, чтобы как можно больше пользователей сети узнали о его продукте. Однако клиент отдает предпочтение сообществам, в которых люди оставляют обратную связь в комментариях под записями, а также активно делятся ими у себя на личной странице. Таким образом, для клиента равновесны два показателя, значения которых мы и будем максимизировать. Следовательно, требуется при заданной тематике, временном периоде, бюджете и, возможно, наличии портрета целевой аудитории определить такой набор сообществ, который будет максимизировать суммарное количество комментариев и отметок «Поделиться» под опубликованными рекламными записями. Отметим, что как одна и та же рекламная запись может быть опубликована в нескольких сообществах, так и для каждого выбранного сообщества рекламная запись может быть отредактирована отдельно с учетом особенностей ее аудитории.

Под критериями в данном исследовании понимаются отметки «Мне нравится», «Поделиться», «Комментарии», «Просмотры». В общем случае, имея большее разнообразие данных, критериями могут быть, например, охват<sup>5</sup>, количество переходов по ссылкам и так далее.

Постановка задачи: если задана тематика, бюджет, месяц года, предпочтения клиента по целевым параметрам и, возможно, сформулирован портрет аудитории, то из множества  $X$  будет выбрано путем отбора некоторое подмножество сообществ –  $x_i \in X$ , целевые функции –  $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x}), f_4(\mathbf{x})$ , количественное значение соответствующих целевых функций в  $i$ -м сообществе для среднестатистической записи в заданном месяце года –  $a_i, b_i, c_i, d_i$ , стоимость размещения рекламной записи в  $i$ -м сообществе –  $g_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , бюджет клиента –  $P$ . Тогда формулируется задача многокритериальной оптимизации для определения набора сообществ, максимизирующего значения критериев, которым отдал предпочтение клиент, с заданными бюджетными ограничениями. Чтобы решить поставленную задачу, необходимо найти решение системы (2):

<sup>5</sup> Уникальные просмотры записи пользователями социальной сети.

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_x \{f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x)\} \\ f_1(x) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i; f_2(x) = \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i; f_3(x) = \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i; f_4(x) = \sum_{i=1}^n d_i \cdot x_i; \\ \sum_{i=1}^n g_i \cdot x_i \leq P; x_i \in \{0; 1\}; i = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad (2)$$

Данная система будет сведена с помощью линейных преобразований к системе (3) и будет решаться известными методами целочисленного линейного программирования.

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x) = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot x_i \rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^n g_i \cdot x_i \leq P; \\ x_i \in \{0; 1\}; i = \overline{1, n}, \end{array} \right. \quad (3)$$

где  $\omega_i = a_1 \cdot a_i + a_2 \cdot b_i + a_3 \cdot c_i + a_4 \cdot d_i$  – это, в прикладном смысле, показатель суммарной активности в  $i$ -ом сообществе для среднестатистической записи в заданном месяце года,  $\alpha = \{\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3; \alpha_4\}$  – весовые коэффициенты критериев или предпочтения клиента.

## 2. Алгоритм обработки статистических данных

В работе [17] был проведен анализ специализированных сервисов, пользующихся спросом у специалистов отрасли интернет-маркетинга<sup>6</sup>, а также предложен алгоритм преобработки статистических данных. В результате чего были выбраны сервисы: Popsters и AllSocial [18]. Первый сервис удовлетворяет большинству критериев и имеет достаточно удобную структуру файлов выгрузки статистических данных для дальнейшего их преобразования и использования. Второй сервис содержит дополнительные метрики, статистические данные, а также одну из ключевых характеристик для данного исследования – стоимость размещения рекламной записи в сообществе социальной сети, которая была получена вторым сервисом из источника под названием Sociate, являющимся биржей рекламы<sup>7</sup>.

Однако с течением времени и развитием данного исследования были внесены такие существенные изменения в разработанный алгоритм, что потребовало его качественной доработки. Одним из авторов была программно реализована новая версия алгоритма для формирования матрицы объектов-признаков и зарегистрирована соответствующая программа для электронно-вычислительных машин (ЭВМ) в «Роспатенте», являющимся федеральной службой по интеллектуальной собственности (ФИПС) [19].

Следует отметить, что все собранные данные являются общедоступными, не считаются конфиденциальными и не имеют персональных данных, они могут быть получены любым пользователем сети Интернет и принадлежат его открытому сегменту.

После этапа определения наиболее подходящих сервисов, предоставляющих аналитическую информацию, произведена выгрузка данных из сервисов Popsters и AllSocial за

<sup>6</sup> Интернет-маркетинг (англ. internet marketing) – практика использования всех аспектов традиционного маркетинга в Интернете, с целью продажи продукта или услуги покупателям и управления взаимоотношениями с ними.

<sup>7</sup> Все представленные источники, в том числе их работоспособность, актуальны на 01.06.2022.

период 01.06.2021 – 31.06.2022. В первом сервисе количество сообществ составило более чем 3600, а во втором сформирована выгрузка из 10 000 сообществ. Каждая из выгрузок имеет свою структуру и свое признаковое описание сообщества. Разберем подробнее особенности каждой из них.

Сервис AllSocial предоставляет статистические данные в виде матрицы объектов-признаков, следовательно, не требует разработки алгоритма для построения матрицы подобного вида. Структура сформированного файла представлена на рис. 1.

Сообщества	id	URL	Прирост за 1 день	Прирост за 7 дней	Прирост за 30 дней	% Offline более месяца
MDK	57846937	https://vk.com/mudakoff	127	724	7523	25,5
4ch	45745333	https://vk.com/4ch	134	-187	-984	26
NR.Music	29573241	https://vk.com/nrmusicru	-51	-117	-3309	23,02
БОРЦ	460389	https://vk.com/borsch	-5	200	-1732	22,8
Академия Порядочных Парней	45595714	https://vk.com/academyofman	-112	-664	-3985	30,07
Science Наука	29559271	https://vk.com/sci	-477	-2584	-11833	23,11
ПОЗОР	71729358	https://vk.com/styd.pozor	354	3199	12973	23,86
Лепрозорий	65960786	https://vk.com/leprazo	-33	-768	-4644	21,63
MARVEL/DC	32370614	https://vk.com/marvel_dc	4	182	-873	21,84
Идеи дизайна интерьера	36184135	https://vk.com/i_des	-44	-805	-3464	21,74
Достоинные фильмы	33769500	https://vk.com/theworthyfilms	79	1096	4598	26,4
Наука и Техника	31976785	https://vk.com/science_technology	80	1489	1036	23,93
Лучшие стихи ВП   Литература	38683579	https://vk.com/1poetry	-43	295	699	21,93
Cook Good - лучшие рецепты	39009769	https://vk.com/cook_good	-129	-1055	-6457	25,24
Киноманья - Лучшие фильмы	22798006	https://vk.com/kino_mania	-302	-1365	-8272	26,43
Факты	34118551	https://vk.com/scifacts	-162	-1674	-8684	нет данных
Лайфхак	40567146	https://vk.com/lhack	6	1016	4042	26,74
Begin English. Английский язык для всех	12648877	https://vk.com/beginenglish_ru	-287	-1873	-11756	23,82
Дзен	23213239	https://vk.com/dzenpub	-22	226	-2023	20,1

Рис. 1. Структура файла со статистикой из сервиса AllSocial. Набор данных 1

Сервис Popsters позволяет, выбрав сообщества, сформировать выгрузку со статистикой по сообществам за выбранный период. Файл со сводной статистикой по всем выбранным сообществам (ограничение сервиса – количество сообществ должно быть не более 10) имеет следующую структуру (рис. 2).

Сравнительная таблица	Подписчиков	Всего публикаций	Мне нравится	Поделиться	Комментариев	Просмотров	ER Day	ER Post	ER View	LR	TR	Период
MDK	11822715	14585	37259544	2724948	1565814	4800829108	1.526	0.038	1.296	0.022	0.001	01.06.2021 - 01.06.2022
4ch	5071206	2253	13336557	3486182	305833	763120438	0.923	0.150	2.277	0.117	0.003	01.06.2021 - 01.06.2022
NR.Music	5291361	8814	9844436	4496675	655541	1569389740	0.774	0.032	0.869	0.021	0.001	01.06.2021 - 01.06.2022
БОРЦ	7057083	9608	22405135	15947605	913675	218547837	1.520	0.058	1.768	0.033	0.001	01.06.2021 - 01.06.2022
Академия Порядочных Парней	5939647	5216	4622969	2923419	611221	1200581400	0.413	0.029	0.689	0.016	0.002	01.06.2021 - 01.06.2022
Science Наука	5230844	5557	8935943	6435616	2333322	2221480677	0.925	0.061	0.737	0.031	0.008	01.06.2021 - 01.06.2022
ПОЗОР	4557846	13979	43874125	4751586	88569	2396305273	3.686	0.076	2.100	0.069	0.000	01.06.2021 - 01.06.2022
Лепрозорий	3481261	1775	4228431	4031156	1047800	882556824	0.730	0.151	1.118	0.068	0.017	01.06.2021 - 01.06.2022
MARVEL/DC	3703678	6352	40593633	4880416	919600	1566532984	3.423	0.197	2.801	0.173	0.004	01.06.2021 - 01.06.2022
Идеи дизайна интерьера	5831257	3389	2630301	1324220	166410	618186253	0.193	0.021	0.644	0.013	0.001	01.06.2021 - 01.06.2022
Дни недели												
Пн	14,8217	14,7371	16,2025	14,0658	14,9249	14,2531	15,4148	14,7465	14,4346	14,4509		
Вт	14,3319	14,567	13,6804	14,3154	14,4178	14,7858	14,9294	13,4137	15,1156	13,834		
Ср	15,3362	14,2098	14,2541	14,661	14,4667	14,4785	14,6014	15,2681	15,0671	13,1283		
Чт	14,486	14,1233	12,6868	14,6407	13,7459	14,5277	14,8969	15,2924	14,0989	14,2187		
Пт	14,0067	15,2601	16,3402	14,6074	14,9459	14,7302	13,6117	14,4968	13,4389	13,8573		
Сб	13,1213	13,2111	13,3112	13,1087	14,2553	13,508	12,7601	13,4956	13,7765	14,5717		
Вс	13,8963	13,8917	13,5248	14,601	13,2436	13,7167	13,7857	13,2869	14,0684	15,9392		
Время суток												
0:00	3,6266	4,2242	4,4029	4,6146	4,4777	2,997	2,9442	4,2102	4,4007	1,4488		
1:00	3,1847	4,1442	5,0148	4,8723	5,2844	1,9534	6,0636	4,4814	4,3436	0,3513		
2:00	2,369	5,0269	3,8107	4,4933	0,4158	2,8741	10,1416	4,584	2,433	0,7805		
3:00	3,7228	1,1059	0	0	0	3,2134	5,0816	8,2742	2,3766	1,0482		
4:00	3,315	5,1823	11,6845	7,729	1,3529	0,2236	1,9248	0	8,1666	2,0878		
5:00	3,7146	3,8909	6,6234	4,1946	0	3,4007	3,4027	0	3,0273	2,6592		
6:00	5,5017	4,793	4,0556	0	10,9846	6,4321	6,6456	0,6081	4,1117	7,4476		
7:00	7,4973	5,8002	10,4876	4,6004	6,7164	5,4088	5,0681	5,0627	5,8034	6,9653		
8:00	6,4498	5,237	5,3808	7,0647	7,4953	4,8293	3,8495	4,8417	5,7877	7,5786		

Рис. 2. Структура файла со сводной статистикой по всем выбранным сообществам за установленный период из сервиса Popsters. Набор данных 2

Для применения оптимизационного подхода необходимо, чтобы данные были представлены в виде матрицы объектов-признаков. Кроме того, статистические данные должны отражать активность пользователей социальной сети как обратную реакцию на размещаемый в сообществе контент. Данные из первого набора преобразовывать не надо, а для данных из второго набора требуется разработать алгоритм для формирования матрицы объектов-признаков.

Признаки, представленные в выгрузке из сервиса AllSocial, являются дополнительными, а основными – из сервиса Popsters. Для более подробного ознакомления с признаками из сервиса Popsters необходимо перейти по ссылке [20]. Используя данные в наборе 2, были введены новые признаки, которые будут использоваться для дополнительного анализа и предоставления рекомендаций, такие как:

1. Коэффициент вовлеченности (Engagement Rate) аудитории в день в течение месяца на количество подписчиков сообщества:

$$ER_{day} month_j = \frac{\sum_{i=1}^n (L_i + R_i + C_i)}{Subscribers_j \cdot n_j} \cdot 100,$$

где  $L_i, R_i, C_i$  – сумма «Мне нравится»/«Поделиться»/«Комментариев» со всех вышедших публикаций в  $i$ -й день в  $j$ -м месяце;  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $n_j$  – количество дней в  $j$ -м месяце,  $Subscribers_j$  – количество подписчиков сообщества в  $j$ -м месяце.

2. Коэффициент вовлеченности аудитории на публикацию в течение месяца на количество подписчиков сообщества:

$$ER_{post} month_j = \frac{\sum_{i=1}^n (L_i + R_i + C_i)}{Subscribers_j \cdot \sum_{i=1}^{n_j} Publication_i} \cdot 100,$$

где  $L_i, R_i, C_i$  – сумма «Мне нравится»/«Поделиться»/«Комментариев» со всех вышедших публикаций в  $i$ -й день в  $j$ -м месяце;  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $n_j$  – количество дней в  $j$ -м месяце,  $Subscribers_j$  – количество подписчиков сообщества в  $j$ -м месяце,  $Publication_i$  – количество публикаций в  $i$ -й день.

3. Коэффициент видимости (Visibility Rate) аудитории в день в течение месяца на количество подписчиков сообщества:

$$VR_{day} month_j = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{Subscribers_j \cdot n_j} \cdot 100,$$

где  $V_i$  – сумма «Просмотры» со всех вышедших публикаций в  $i$ -й день в  $j$ -м месяце;  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $n_j$  – количество дней в  $j$ -м месяце,  $Subscribers_j$  – количество подписчиков сообщества в  $j$ -м месяце.

4. Коэффициент видимости аудитории публикации в течение месяца на количество подписчиков сообщества:

$$VR_{post} month_j = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{Subscribers_j \cdot \sum_{i=1}^{n_j} Publication_i} \cdot 100,$$

где  $V_i$  – сумма «Просмотры» со всех вышедших публикаций в  $i$ -й день в  $j$ -м месяце;  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $n_j$  – количество дней в  $j$ -м месяце,  $Subscribers_j$  – количество подписчиков сообщества в  $j$ -м месяце,  $Publication_i$  – количество публикаций в  $i$ -й день.

5. Средний возраст целевой аудитории сообщества (далее «Средний возраст ЦА»):

$$Age_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n Age\_interval\_mean_i \cdot Percent\_value\_interval_i}{100},$$

где  $Age\_interval\_mean_i$  – средний возраст в  $i$ -м интервале, например, для «% 27–30 лет» средний возраст будет составлять 28,5 года (крайние значения «% до 18 лет» и «% от 45 лет» были взяты следующие: 16,5 и 50 лет соответственно);  $Percent\_value\_interval_i$  – какой процент от общего количества аудитории принадлежит заданному возрастному интервалу.

6. Соотношение мужчин и женщин в сообществе (далее «Пол (М/Ж)»):

$$Sex = \frac{Percent\_male}{Percent\_female},$$

где  $Percent\_male / Percent\_female$  – доля аудитории мужчин и женщин соответственно.

По аналогии с п. 3, 4 были вычислены коэффициенты: привлекательности (Love Rate), общительности (Talk Rate), распространения (Amplification Rate). Кроме того, определены следующие показатели: всего публикаций в течение месяца; интенсивность публикационной активности в день в течение месяца (далее «ИПА в день (за год)»); среднее значение отметок («Мне нравится», «Поделиться», «Комментариев», «Просмотров») публикации в течение месяца, года. Отметим, что был введен признак – «Тематика», который заполнялся вручную, так как в выбранных сервисах такая характеристика отсутствует.

Для реализации необходимых преобразований и вычисления соответствующих характеристик сообществ был разработан алгоритм (рис. 3) в среде разработки PyCharm на языке программирования Python, состоящий из следующих частей:



Рис. 3. Схема алгоритма преобработки данных

1. Реализован цикл, в котором считываются по очереди файлы и начинается их преобработка по принципу – один файл разбивается на таблицы, количество которых равно количеству признаков. Следует отметить, что признаки объединены по типам, для которых функции обработки будут одинаковыми.

1.1. Вложенный цикл, удаляющий пустые строки и ставящий в соответствие названиям признаков таблицы.

1.2. Далее реализованы функции обработки всех типов признаков и функции проверки одинаковых названий сообществ в одном файле, а также в тех случаях, когда одно и то же сообщество есть в разных файлах:

- если такие существуют, то в название сообществ добавляется их порядковый номер строки, например: «Моя дача», «Моя дача\_6», «Моя дача\_7». Это необходимо для корректной работы метода merge и concat библиотеки pandas;

- если одно и то же сообщество есть в разных файлах, то для такого случая реализована функция проверки и удаления таких повторов, причем удаляются все, кроме первого.

1.3. Таким образом, сформированы матрицы по количеству признаков, в каждой из которых хранятся данные по всем сообществам.

2. Реализована функция, определяющая новые признаки по формулам, описанным ранее, из уже имеющихся данных.

3. Реализованы функции, для обработки двух типов признаков и формирования матрицы объектов-признаков.

4. Объединение преобразованных данных с набором данных 1 в единую матрицу объектов-признаков.

Как итог работы алгоритма, получена матрица объектов-признаков, в которой 3604 сообщества, более 20 целевых признаков и более 30 характеристик для формирования рекомендаций по размещению записей в каждом сообществе (рис. 4).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сообщества	Подписчиков	Всего публикаций	Мне нравится	Поделиться	Комментариев	Просмотров	ER Day_year	ER Post_year	ER View_year	LR Post_year	TR Post_year
1 MDK	11822715	14585	37259544	27224948	1565814	4800829108	1.526	0.038	1.296	0.022	0.001
2 4ch	5071206	2253	13336557	3486182	305833	763120438	0.923	0.150	2.277	0.117	0.003
3 NR.Music	5291361	8814	9844436	4496675	655541	1569389740	0.774	0.032	0.869	0.021	0.001
4 БОРЦ	7057083	9608	22405135	15947605	919675	2185478037	1.520	0.058	1.768	0.033	0.001
5 Академия Порядочных Парней	5393647	5216	4622969	2922419	611221	1200581400	0.413	0.029	0.689	0.016	0.002
6 Science   Наука	5230844	5557	8935943	6435616	2333322	2221480677	0.925	0.061	0.737	0.031	0.008
7 ПОЗОР	4557846	13979	43874125	4751586	88569	2396305273	3.686	0.076	2.100	0.069	0.000
8 Лепрозорий	3481261	1775	4228431	4031156	1047800	882556824	0.730	0.151	1.118	0.068	0.017
9 Идеи дизайна интерьера	5831257	3389	2630301	1324220	166410	618186253	0.193	0.021	0.644	0.013	0.001
10 Книги	2159267	8980	5804354	1773459	316706	533217485	0.999	0.041	1.341	0.030	0.002
11 Цитаты и статусы	3585503	4400	666863	230101	34196	162473930	0.071	0.006	0.492	0.004	0.000
12 В приколе (18+)	5258065	12095	3414599	2540972	355613	669237223	0.328	0.010	0.976	0.005	0.001
13 • Неприличные Анекдоты	3688681	2677	1471915	911649	35834	186808899	0.179	0.025	1.154	0.015	0.000
14 Экспериментатор   Наука	1641143	8471	2638863	726776	270150	435153324	0.605	0.026	0.883	0.019	0.002
15 Кулинарное искусство	3115565	1829	1511781	779355	25462	136355640	0.203	0.041	2.019	0.027	0.000
16 Простые рецепты	3251767	2385	1454300	1255197	19068	193581958	0.229	0.035	1.235	0.019	0.000
17 КАЕФ	1599307	9554	2309271	1166501	32319	233995670	0.599	0.023	1.420	0.015	0.000
18 Боги Смеха	1507737	1502	3595186	254900	50695	66028494	0.707	0.172	5.860	0.159	0.002
19 PINK PARADISE	445362	3282	1143357	1036158	11314	72786601	1.344	0.150	3.005	0.078	0.001

Рис. 4. Матрица объектов-признаков

Следует отметить, что, исходя из методологии интеллектуального анализа данных, представленный алгоритм относится к их предварительной обработке, но в рассматриваемой оптимизационной модели также реализованы следующие шаги по преобразованию матрицы объектов-признаков:

1. Удаление объектов, у которых пусто в столбце «Цена Sociate». Это объясняется необходимостью использования для моделирования объектов, имеющих известную стоимость размещения рекламной записи.

2. Удаление объектов, у которых в столбце «Всего публикаций» значение равно 0. Это объясняется необходимостью использования для моделирования множества объектов с ненулевой активностью в течение временного периода: 01.06.2021 – 31.05.2022.

3. Преобразование категориальных признаков со строковыми значениями, например, «Тематика», «Название сообщества», «URL», в числовой тип данных.

На выходе получено два набора данных, один предназначен для применения методов оптимизации и машинного обучения, другой для формирования рекомендаций по размещению рекламной записи для каждого объекта. В первом случае набор включает следующие признаки: «Подписчиков», «ER Post\_year», «ER View\_year», «LR Post\_year», «TR Post\_year», «VR Post\_year», «AR Post\_year», «Лайки поста среднее (за год)», «Репосты по»

ста среднее (за год)», «Комментарии поста среднее (за год)», «Просмотры поста среднее (за год)», «Посетители (среднее за 7 дней)», «ИПА в день (за год)», «% Offline более месяца», «Цена Sociate», «СРМ Sociate», «Пол (М/Ж)», «Тематика\_id», «ER (100 последних постов)», «Средний возраст ЦА», «Прирост за 30 дней».

### 3. Рекомендации

Для реализации блока формирования рекомендаций написано более 10 функций (рис. 5).

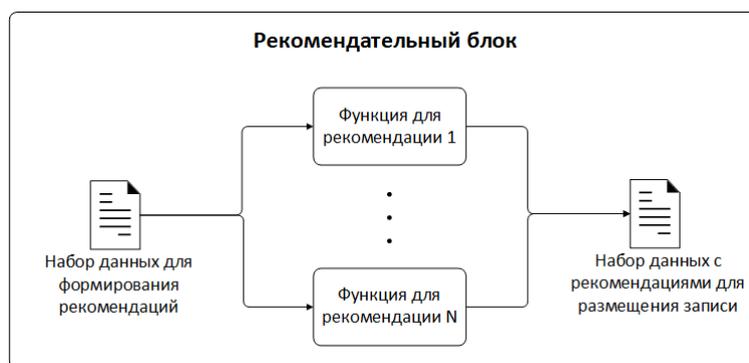


Рис. 5. Схема рекомендательного блока

Благодаря рекомендациям предоставляется возможность определять наилучший временной период для публикации записи, объем текста в ней, целесообразность прикрепления к ней фото/аудио/видеоматериалов, а также ссылок таким образом, чтобы отклик аудитории на размещаемую запись был максимальным в данном сообществе, то есть сделать так, чтобы опубликованная запись набрала больше отметок «Мне нравится», «Поделиться», «Комментариев», «Просмотров» (рис. 6).

```
def best_dayweek_func(data):
    data_copied = data.copy()
    list = ['Дни недели Пн', 'Дни недели Вт', 'Дни недели Ср', 'Дни недели Чт', 'Дни недели Пт', 'Дни недели Сб',
            'Дни недели Вс']
    data_copied = data_copied[list]
    best_res = pd.DataFrame(
        [data_copied.columns[i].tolist() for i in (data_copied.values == data_copied.max(axis=1))[:, None]])
    best_res.rename(columns={0: 'День недели для публикации', 1: 'Значение (День недели)'}, inplace=True)
    best_res['Значение (День недели)'] = data_copied.max(axis=1)
    best_res = best_res.replace(list,
                                ['Понедельник', 'Вторник', 'Среда', 'Четверг', 'Пятница', 'Суббота', 'Воскресенье'])
    return best_res
```

Рис. 6. Пример одной из рекомендательных функций – «Функция определяет лучший день недели для размещения записи в сообществе»

Кроме основных рекомендаций, клиенту предоставляются все имеющиеся метрики, отражающие активность в сообществе, например, выводится не «Средний возраст ЦА», а процентное соотношение количества подписчиков по возрастным интервалам.

### 4. Оптимизационная модель

Архитектура модели представлена в виде блок-схемы на рис. 7. Блок «преобразование данных» реализован с помощью четырех основных функции: 1) преобразование данных; 2) обработка данных; 3) формирование рекомендаций для публикации рекламных записей; 4) оптимизация.

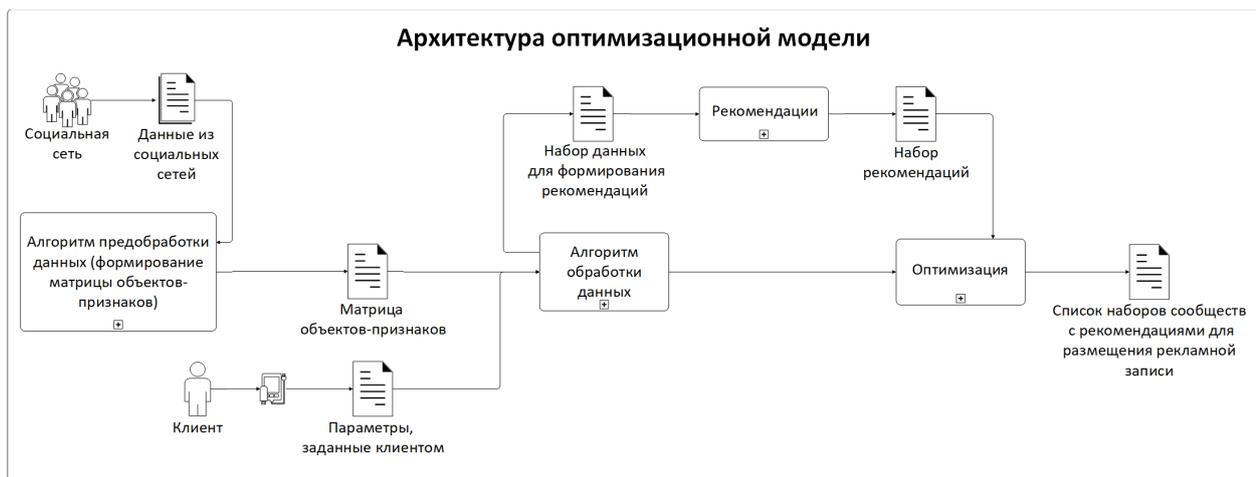


Рис. 7. Схема «Архитектура оптимизационной модели»

Итак, сформирована матрица объектов-признаков, блок с рекомендациями для каждого объекта-сообщества по размещению рекламной записи и поставлены задачи оптимизации. Решаться задачи будут с помощью известных методов целочисленного линейного программирования, методов многокритериальной оптимизации и пакета Python с соответствующими библиотеками, например SciPy.

В силу оптимизации времени работы алгоритмов, решающих поставленные задачи, было принято решение реализовать одну функцию, в которой решается как задача многокритериальной оптимизации, так и задача целочисленного линейного программирования, как частный случай задачи многокритериальной оптимизации, решаемый методом свертки критериев. Также рассмотрен метод равномерной оптимизации. Отметим, что данная модель реализована и зарегистрирована соответствующая программа для ЭВМ [21].

Перейдем к описанию архитектуры решающей функции.

1. Задаются: списки тематик, месяц года, бюджет клиента –  $P$ , список критериев: «Мне нравится», «Поделиться», «Комментариев», «Просмотров» –  $f_1, f_2, f_3, f_4$ , матрица весовых коэффициентов в виде списка с вложенными списками –  $A$ , таблица для фиксации результатов моделирования. Следует отметить, что бюджет клиента не превосходит максимальный бюджет для заданных тематик.

2. Задаются 3 вложенных цикла: первый по списку тематик, второй по бюджету клиента, третий по срокам матрицы весовых коэффициентов.

3. Вызывается функция обработки данных, которая отбирает объекты из заданного списка тематик, с ненулевыми значениями критериев в заданный месяц года. Таким образом, формируется подмножество объектов, на котором будет производиться моделирование.

4. Вызывается функция оптимизации, где формируются рекомендации для объектов заданного подмножества, отбираются объекты, стоимость размещения рекламной записи в которых меньше либо равна  $P$ .

5. Задаются: массив цен на размещение рекламной записи –  $g_i$ , где  $i=\overline{1, n}$ ,  $n$  – количество объектов; массивы значений критериев  $f_1, f_2, f_3, f_4$ .

6. Методом свертки критериев задается один критерий:

$$\hat{f}(x) = a_{j,1} \cdot f_1(x) + a_{j,2} \cdot f_2(x) + a_{j,3} \cdot f_3(x) + a_{j,4} \cdot f_4(x) =$$

$$= \alpha_{j,1} \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i + \alpha_{j,2} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \alpha_{j,3} \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i + \alpha_{j,4} \cdot \sum_{i=1}^n d_i \cdot x_i =$$

$$= \sum_{i=1}^n (\alpha_{j,1} \cdot a_i + \alpha_{j,2} \cdot b_i + \alpha_{j,3} \cdot c_i + \alpha_{j,4} \cdot d_i) \cdot x_i = \sum_{i=1}^n \hat{c}_i \cdot x_i.$$

7. Далее с помощью метода linprog библиотеки scipy.optimize решается уже задача линейного целочисленного программирования методом highs.

8. Получен результирующий вектор  $x$ , и затем вычисляются значения соответствующих критериев для оптимальных наборов сообществ при заданных коэффициентах значимости.

9. Фиксируются результаты моделирования в файл (пример см. на рис. 8). Пример названий столбцов: alpha\_0, alpha\_1, alpha\_2, alpha\_3, Всего Лайки поста Январь, Всего Репосты поста Январь, Всего Комментарии поста Январь, Всего Просмотры поста Январь, F\_value, Obj\_fun, Бюджет клиента, Общая стоимость, Количество сообществ, Выбранные тематики, Время работы, Месяц.

0,1,0,0,0,0,0,0,3392,334,81,111452,115259,-3392,0,1000,1000,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.004001,Январь		
1,0,0,1,0,0,0,0,1597,587,129,161250,163563,-587,0,1000,987,6,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
2,0,0,0,0,1,0,0,0,875,365,219,128951,130410,-219,0,1000,1000,7,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.003001,Январь		
3,0,0,0,0,0,1,0,1382,537,148,194726,196793,-194726,0,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
4,1,0,1,0,1,0,1,1382,537,148,194726,196793,-196793,0,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
5,0,25,0,25,0,25,0,25,1382,537,148,194726,196793,-49198,25,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.001001,Январь		
6,0,97,0,01,0,01,0,01,3258,419,90,148428,152195,-4649,63,1000,1000,11,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.003001,Январь		
7,0,01,0,97,0,01,0,01,1382,537,148,194726,196793,-2483,4500000000003,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
8,0,01,0,01,0,97,0,01,1382,537,148,194726,196793,-2110,01,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.003001,Январь		
9,0,01,0,01,0,01,0,97,1382,537,148,194726,196793,-188904,889999999998,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
10,0,94,0,02,0,02,0,02,3258,419,90,148428,152195,-6041,26,1000,1000,11,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002001,Январь		
11,0,02,0,94,0,02,0,02,1382,537,148,194726,196793,-4429,9000000000001,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.001000,Январь		
12,0,02,0,02,0,94,0,02,1382,537,148,194726,196793,-4072,02,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
13,0,02,0,02,0,02,0,94,1382,537,148,194726,196793,-183083,78,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
14,0,91,0,03,0,03,0,03,2956,451,110,159922,163439,-7504,45,1000,1000,11,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
15,0,03,0,91,0,03,0,03,1382,537,148,194726,196793,-6376,3499999999999,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
16,0,03,0,03,0,91,0,03,1382,537,148,194726,196793,-6034,03,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
17,0,03,0,03,0,03,0,91,1382,537,148,194726,196793,-177262,67,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
18,0,88,0,04,0,04,0,04,2262,495,126,178354,181237,-9149,5599999999998,1000,995,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.008001,Январь		
19,0,04,0,88,0,04,0,04,1382,537,148,194726,196793,-8322,800000000001,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002001,Январь		
20,0,04,0,04,0,88,0,04,1382,537,148,194726,196793,-7996,04,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002001,Январь		
21,0,04,0,04,0,04,0,88,1382,537,148,194726,196793,-171441,56,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
22,0,85,0,05,0,05,0,05,1768,535,145,189095,191543,-10991,550000000001,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		
23,0,05,0,85,0,05,0,05,1382,537,148,194726,196793,-10269,25,1000,992,10,"Автомобили,Автовладельцы",0 days 00:00:00.002000,Январь		

Рис. 8. Пример выходного файла «.csv» с результатами моделирования

## 5. Численное моделирование и анализ результатов

Для демонстрации работы предлагаемого подхода и возможности проведения сравнительного анализа полученных результатов зададим следующие входные параметры:

1. Тематики – «Автомобили, Автовладельцы», «Кулинария, рецепты», «Образование». Количество объектов в каждой тематике: 124, 126, 103.
2. Временные интервалы – ежемесячно, с января по декабрь.
3. Бюджет – от 1000 рублей до максимально возможного бюджета в рамках заданных тематик и месяцев года с шагом в 5000 рублей;
4. Предпочтения клиента заданы в векторной форме  $\alpha = \{\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3; \alpha_4\}$  и представлены в табл. 1.

Такое количество вариантов векторов весовых коэффициентов обусловлено тем, что будет проведен анализ чувствительности заданной системы с целью формирования реко-

мендаций для лиц, принимающих управленческие решения в зависимости от бюджета, сезонности и номенклатуры товаров или услуг. Заметим, что для оценки влияния изменения значений весов критериев на конечный результат используется принцип выделения главного критерия и дальнейшего равномерного распределения остатка между другими.

Таблица 1

Таблица весовых коэффициентов для проведения анализа на чувствительность при изменении предпочтений клиента

Часть 1				Часть 2				Часть 3			
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
1,0	0,0	0,0	0,0	0,85	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,7	0,1
0,0	1,0	0,0	0,0	0,05	0,85	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,7
0,0	0,0	1,0	0,0	0,05	0,05	0,85	0,05	0,67	0,11	0,11	0,11
0,0	0,0	0,0	1,0	0,05	0,05	0,05	0,85	0,11	0,67	0,11	0,11
1,0	1,0	1,0	1,0	0,82	0,06	0,06	0,06	0,11	0,11	0,67	0,11
0,25	0,25	0,25	0,25	0,06	0,82	0,06	0,06	0,11	0,11	0,11	0,67
0,97	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,82	0,06	0,64	0,12	0,12	0,12
0,01	0,97	0,01	0,01	0,06	0,06	0,06	0,82	0,12	0,64	0,12	0,12
0,01	0,01	0,97	0,01	0,79	0,07	0,07	0,07	0,12	0,12	0,64	0,12
0,01	0,01	0,01	0,97	0,07	0,79	0,07	0,07	0,12	0,12	0,12	0,64
0,94	0,02	0,02	0,02	0,07	0,07	0,79	0,07	0,61	0,13	0,13	0,13
0,02	0,94	0,02	0,02	0,07	0,07	0,07	0,79	0,13	0,61	0,13	0,13
0,02	0,02	0,94	0,02	0,76	0,08	0,08	0,08	0,13	0,13	0,61	0,13
0,02	0,02	0,02	0,94	0,08	0,76	0,08	0,08	0,13	0,13	0,13	0,61
0,91	0,03	0,03	0,03	0,08	0,08	0,76	0,08	0,58	0,14	0,14	0,14
0,03	0,91	0,03	0,03	0,08	0,08	0,08	0,76	0,14	0,58	0,14	0,14
0,03	0,03	0,91	0,03	0,73	0,09	0,09	0,09	0,14	0,14	0,58	0,14
0,03	0,03	0,03	0,91	0,09	0,73	0,09	0,09	0,14	0,14	0,14	0,58
0,88	0,04	0,04	0,04	0,09	0,09	0,73	0,09	0,55	0,15	0,15	0,15
0,04	0,88	0,04	0,04	0,09	0,09	0,09	0,73	0,15	0,55	0,15	0,15
0,04	0,04	0,88	0,04	0,7	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,55	0,15
0,04	0,04	0,04	0,88	0,1	0,7	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,55

Перейдем к анализу результатов моделирования:

Вывод. *Количество уникальных решений не превышает 30 % вне зависимости от изменений значений весовых коэффициентов и бюджета по указанным тематикам и месяцам года (рис. 9–12).*

В табл. 2 представлены максимальные значения процента уникальных решений среди всех возможных бюджетов.

Таблица 2

Максимальный процент уникальных решений среди всех бюджетов

Тематика	Номер месяца года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Автомобили, Автовладельцы	25	26,7	28,3	26,7	21,7	25	26,7	28,3	30	26,7	26,7	28,3
Кулинария, рецепты	16,7	16,7	20	25	18,3	21,7	21,7	15	15	16,7	16,7	16,7
Образование	23,3	23,3	23,3	23,3	26,7	18,3	25	23,3	30	25	23,3	23,3

Данный вывод может быть объяснен спецификой поведенческой активности пользователей социальной сети. Она заключается в том, что чувствительность к изменениям предпочтений на треть влияет на процесс формирования (получения) уникального решения.

**Замечание 1.** Динамика изменения процента уникальных решений от изменений значений весовых коэффициентов по тематикам и месяцам года показывает, насколько активно и отлично друг от друга ведет себя аудитория в различных группах одной и той же тематики, вне зависимости от выбранных критериев.

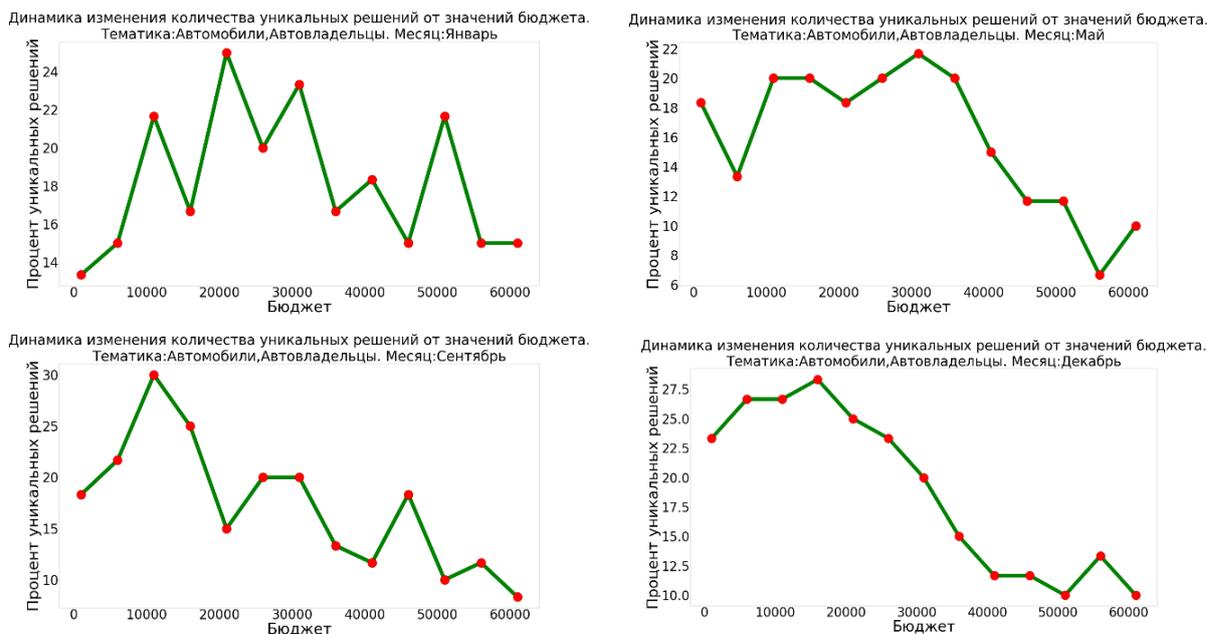


Рис. 9. Динамика изменения процента уникальных решений в зависимости от бюджета для тематики «Автомобили, Автовладельцы»

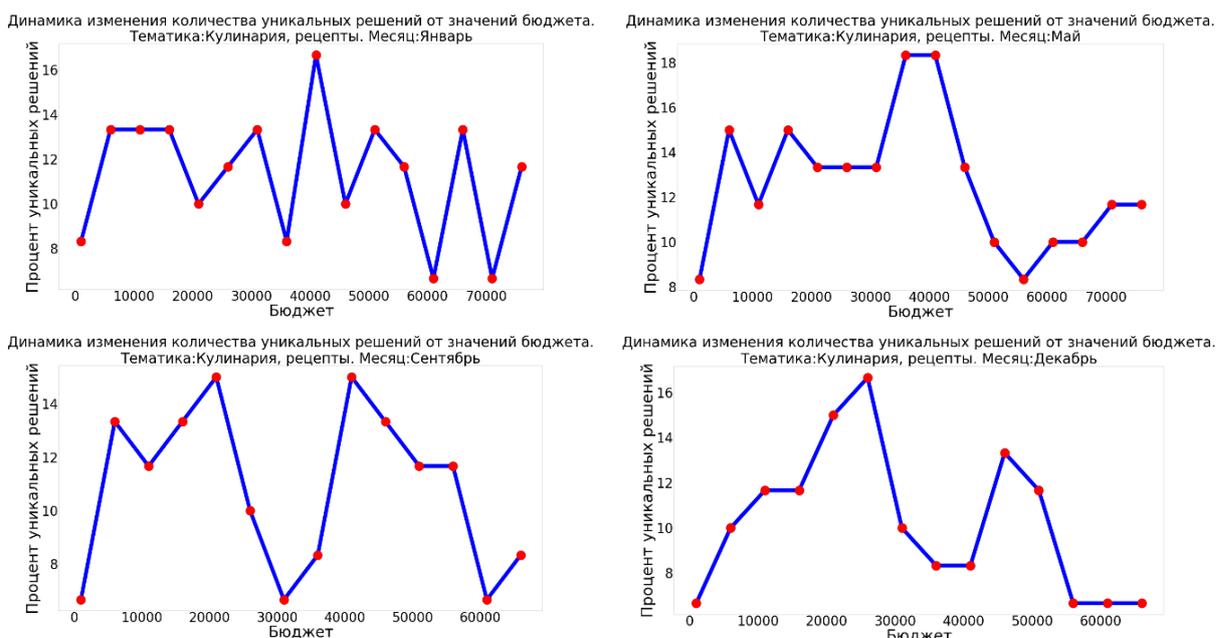


Рис. 10. Динамика изменения процента уникальных решений в зависимости от бюджета для тематики «Кулинария, рецепты»

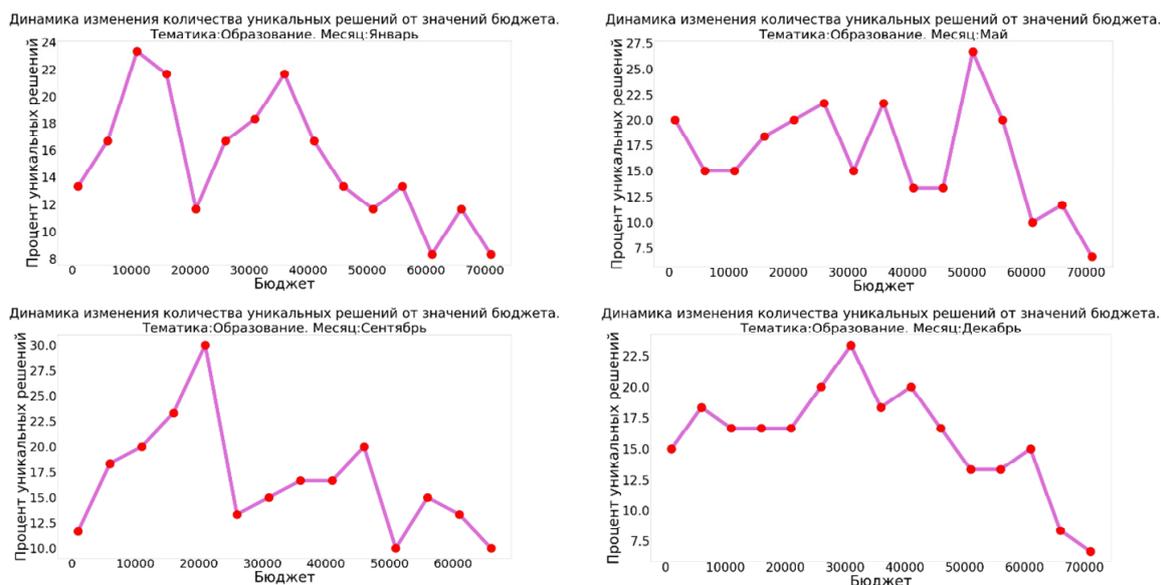


Рис. 11. Динамика изменения процента уникальных решений в зависимости от бюджета для тематики «Образование»

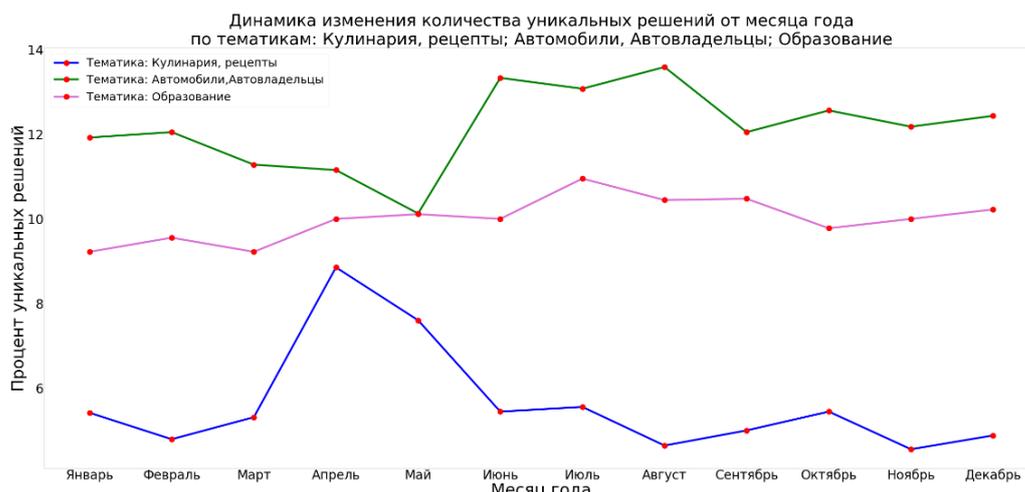


Рис. 12. Динамика изменения количества уникальных решений от месяца года по тематикам

Действительно, на представленном графике (см. рис. 12) можно видеть, что в различные временные интервалы в результате повышения интереса пользователей сети к тем или иным сферам их жизнедеятельности, в силу сезонности спроса на товары (или услуги) и проявлении других внешних факторов увеличивается вероятность получения уникального набора площадок.

**Замечание 2.** На основе анализа результатов моделирования по 12 месяцам, 3 тематикам и соответствующему количеству бюджетов заметим, что прослеживается дифференциация чувствительности критериев (рис. 13–18).

Данное замечание позволяет сформулировать следующий вывод: текущие тенденции на рынке таковы, что различные критерии имеют отличную друг от друга чувствительность к изменениям предпочтений (значений весовых коэффициентов) вне зависимости от тематик, бюджета и месяца года. Отметим, что, исходя из анализа полученных результатов наиболее чувствительным оказался критерий «Лайки».

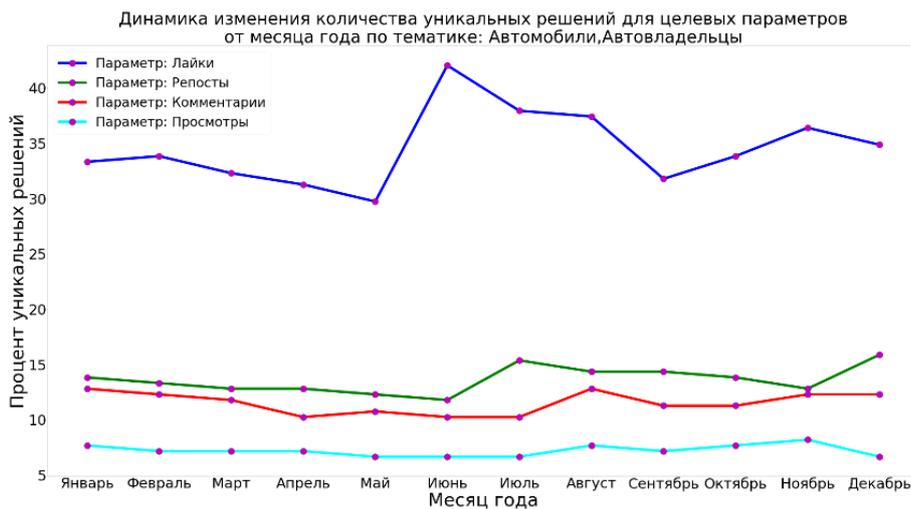


Рис. 13. Динамика изменения процента уникальных решений по месяцам года в зависимости от критерия для тематики «Автомобили, Автовладельцы»

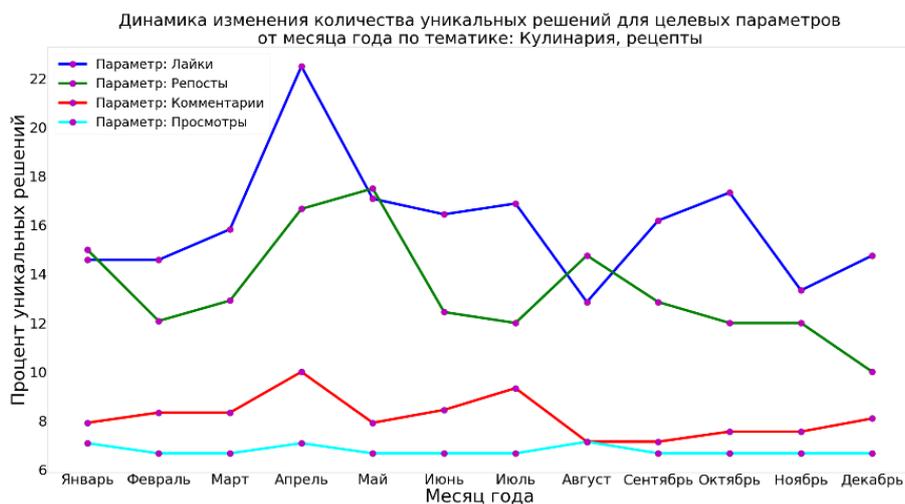


Рис. 14. Динамика изменения процента уникальных решений по месяцам года в зависимости от критерия для тематики «Кулинария, рецепты»

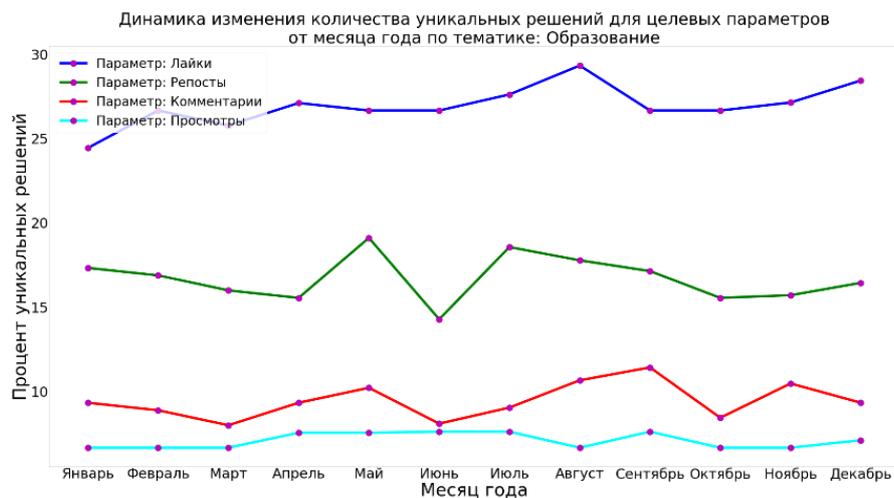


Рис. 15. Динамика изменения процента уникальных решений по месяцам года в зависимости от критерия для тематики «Образование»

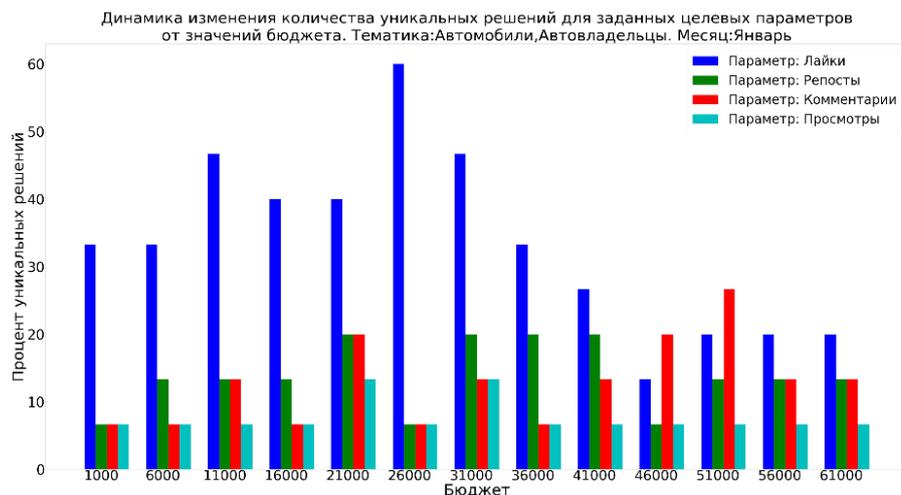


Рис. 16. Динамика изменения процента уникальных решений по критериям в зависимости от бюджета. Тематика «Автомобили, Автовладельцы»

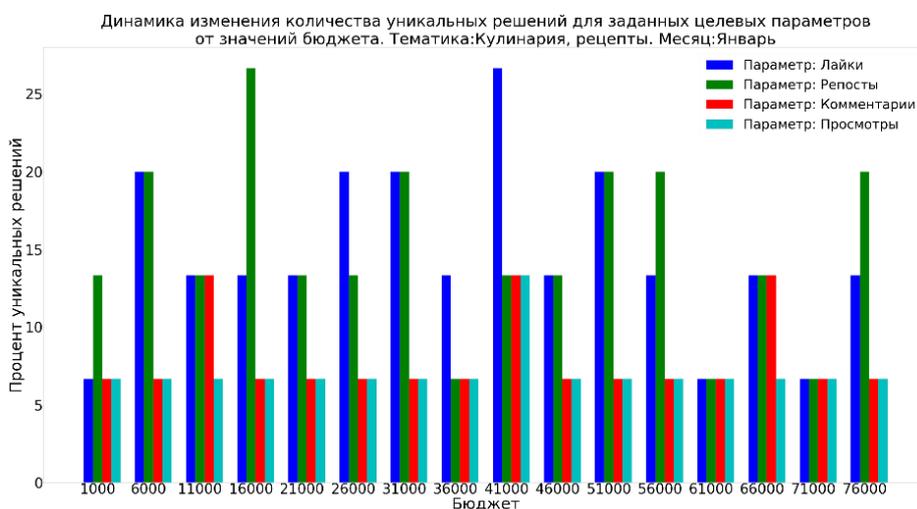


Рис. 17. Динамика изменения процента уникальных решений по критериям в зависимости от бюджета. Тематика «Кулинария, рецепты»

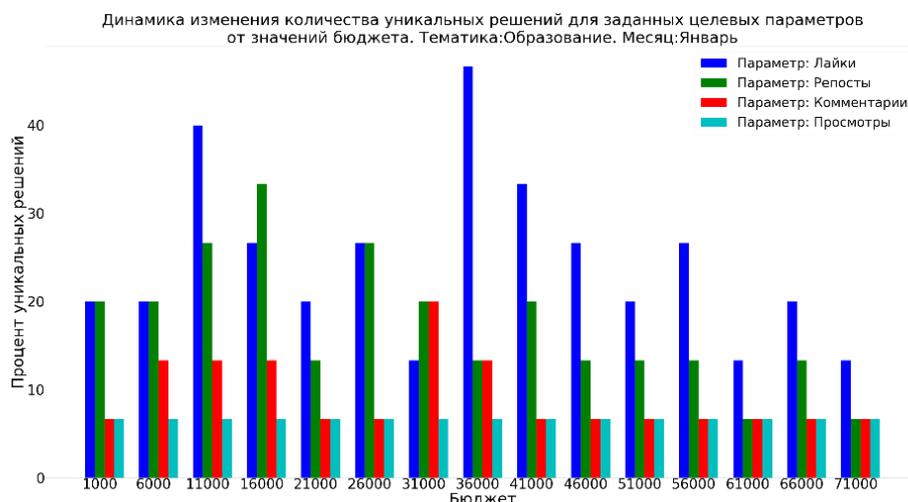


Рис. 18. Динамика изменения процента уникальных решений по критериям в зависимости от бюджета. Тематика «Образование»

## Заключение

В рамках данной статьи был имплементирован алгоритм обработки статистических данных сообществ социальной сети, формирующий матрицу объектов-признаков. Сформулированы новые постановки оптимизационных задач в рассматриваемой предметной области. Реализованы и апробированы методы решения сформулированных задач оптимизации по определению перечня площадок распространения информации в средствах массовой коммуникации. Проведено численное моделирование и анализ чувствительности в задаче многокритериальной оптимизации, а также сделаны соответствующие выводы и замечания.

Разработанный прикладной инструмент для моделирования сценариев распространения информации и осуществления консультаций по коррекции изначальных предпочтений заказчика с учетом текущей динамики изменений ключевых характеристик выбранной номенклатуры товара на рынке обладает свойством масштабируемости и может быть применен для различных средств массовой коммуникации.

Предлагаемый в данной статье подход к решению проблемы определения перечня площадок распространения информации позволяет сократить временные, финансовые и человеческие ресурсы при проведении соответствующих мероприятий в сети Интернет.

## Список литературы

1. Имитационное моделирование социальной сети с двумя лидерами / М.В. Свиркин, В.В. Карелин, В.М. Буре, А.В. Екимов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2016. – Серия 10. – Вып. 1. – С. 92–98.
2. Семиглазов, А.М. Математическое моделирование рекламной кампании / А.М. Семиглазов, В.А. Семиглазов, К.И. Иванов // Управление, вычислительная техника и информатика, доклады ТУСУРа. – 2010. – Т. 22, № 2, – С. 342–349.
3. Ершов, В.Е. Исследование отношения пользователей социальных сетей к активности по продвижению на их основе / В.Е. Ершов // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9, № 5. – С. 1–13.
4. Бадрызлов, В.А. Оценка эффективности распространения информации в социальных сетях с использованием имитационного моделирования / В.А. Бадрызлов, В.В. Сидельцев // Креативная экономика. – 2018. – Т. 12, № 9. – С. 1359–1372.
5. Шигина, Я.И. Маркетинг в социальных медиа: современные инструменты продвижения для малого бизнеса / Я.И. Шигина, К.А. Зорина // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 23. – С. 96–102.
6. Klepek, M. Marketing communication model for social networks / M. Klepek, H. Starzyczna // Journal of business economics and management. – 2018. – Vol. 19, № 3. – P. 500–520.
7. Кряжева, Ю.С. Использование Social Media Marketing как инструмента продвижения компании / Ю.С. Кряжева // Формула менеджмента. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 5–11.
8. Pistol, L. Model of simulation for optimizing marketing mix through conjoint analysis case study: launching a product on a new market / L. Pistol, R. Bucea-Manea-Tonis // Economics World. – 2017. – Vol. 5, iss 4. – P. 311–315.
9. Albert: сайт: маркетинговая платформа искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – URL: <https://albert.ai/> (дата обращения: 17.01.2024).
10. МТС Маркетолог: сайт: рекламная платформа на базе «Big Data МТС» [Электронный ресурс]. – URL: <https://marketolog.mts.ru/> (дата обращения: 17.01.2024).

11. ВКонтакте: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://vk.com/> (дата обращения: 19.03.2024).
12. Дзялошинский, И.М., Коммуникативное воздействие: мишени, стратегии, технологии. Монография / И.М. Дзялошинский. – М.: НИУ ВШЭ, 2012. – 572 с.
13. Карамова, В.В. Позиционирование бренда/продукции организации как инструмент повышения эффективности ее деятельности / В.В. Карамова // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика. – 2018. – № 3 (25). – С. 105–112.
14. Семенова, О.В. Важность позиционирования бренда и актуальные методы продвижения бренда организации / О.В. Семенова // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 155–163.
15. Горчакова, Р.Р. Особенности формирования корпоративного имиджа / Р.Р. Горчакова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2012. – № 2 (22). – С. 185–192.
16. Сообщество социальной сети: статья [Электронный ресурс] // Нетология. – URL: <https://netology.ru/glossariy/gruppa-v-socialnoy-seti> (дата обращения: 09.02.2024).
17. Problems of Data Processing in the Problem of Modeling Advertising Campaigns in Social Networks Using Python Libraries / D. Fursov, A. Krylatov, M. Svirkin, F. Prokhorenko // (eds) R. Silhavy, P. Silhavy, Z. Prokopova; Data Science and Algorithms in Systems. CoMeSySo 2022. – Lecture Notes in Networks and Systems. – 2023. – Vol. 597. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-21438-7\_85
18. Сервис AllSocial: сайт: Статистика сообществ [Электронный ресурс]. – URL: [https://m.vk.com/allsocial\\_ru?offset=5&own=1](https://m.vk.com/allsocial_ru?offset=5&own=1) (дата обращения: 01.06.2022).
19. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ: сайт [Электронный ресурс] / Роспатент. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – URL: <https://www.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=198AE2CE-9544-4AD1-9143-D888912661F0> (дата обращения: 22.01.2024).
20. Сервис Popsters: сайт: статистика и аналитика контента сообществ в социальных сетях [Электронный ресурс]. – URL: <https://popsters.ru/app/faq> (дата обращения: 25.03.2024).
21. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ: сайт [Электронный ресурс] / Роспатент. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – URL: <https://www.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=C17E07D2-3C57-417D-8EBA-15478D8D8F98> (дата обращения 22.01.2024).

## References

1. Svirkin M.V., V.V. Karelin, V.M. Bure, A.V. Ekimov, Imitatsionnoe modelirovanie sotsial'noi seti s dvumia liderami [Simulation modeling of a social network with two leaders]. Bulletin of St. Petersburg University. Applied math. Informatics. Management processes, 2016, series 10, iss. 1, pp. 92 - 98.
2. Semiglazov A.M., V.A. Semiglazov, K.I. Ivanov, Matematicheskoe modelirovanie reklamnoi kampanii [Mathematical modeling of an advertising campaign]. Management, computer engineering and informatics, TUSUR reports, 2010, vol 22, no 2, pp. 342-349.
3. Ershov V.E., Issledovanie otnosheniia pol'zovatelei sotsial'nykh setei k aktivnosti po prodvizheniiu na ikh osnove [Study of the attitude of social network users to promotional activities based on them]. Online journal «Naukovedenie», 2017, vol 9, no 5, pp. 1 – 13.
4. Badryzlov V.A., Sidel'tsev V.V., Otsenka effektivnosti rasprostraneniia informatsii v sotsial'nykh setiakh s ispol'zovaniem imitatsionnogo modelirovaniia [Assessing the effectiveness

of information dissemination in social networks using simulation modeling]. *Kreativnaia ekonomika*, 2018, vol 12, no 9, pp. 1359 – 1372.

5. Ia. I. Shigina, K. A. Zorina, Marketing v sotsial'nykh media: sovremennye instrumenty prodvizheniia dlia malogo biznesa [Social media marketing: modern promotion tools for small businesses]. *Bulletin of the Technological University*, 2015, Vol.18, no 23. pp. 96 – 102.

6. Klepek, M. Marketing communication model for social networks / M. Klepek, H. Starzyczna // *Journal of business economics and management*. 2018. vol. 19, no 3. pp. 500 –520.

7. Kriazheva Iu. S., Using Social Media Marketing as a company promotion tool. *Formula menedzhmenta*. 2017. vol. 1, no 1. pp. 5 – 11.

8. Pistol, L. Model of simulation for optimizing marketing mix through conjoint analysis case study: launching a product on a new market / L. Pistol, R. Bucea-Manea-Tonis // *Economics World*. – 2017. – Vol. 5, № 4. – P. 311 – 315.

9. Albert. Artificial Intelligence Marketing Platform, available at: <https://albert.ai/> (Accessed 17 January 2024)

10. MTS Marketolog. Advertising platform based on Big Data MTS, available at: <https://marketolog.mts.ru/> (Accessed 17 January 2024)

11. VKontakte. Social network, available at: <https://vk.com/> (Accessed 17 March 2024)

12. Dzialoshinskii I.M., Kommunikativnoe vozdeistvie: misheni, strategii, tekhnologii [Communication impact: targets, strategies, technologies]. *Monografiia*. – Moscow, NIU VShE, 2012, 572 p.

13. Karamova V.V., Pozitsionirovanie brenda/produksii organizatsii kak instrument povysheniia effektivnosti ee deiatel'nosti [Positioning the organization's brand/products as a tool for increasing the efficiency of its activities]. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Serii ekonomika*. 2018. vol 3, no 25. pp. 105–112.

14. Semenova O.V., Vazhnost' pozitsionirovaniia brenda i aktual'nye metody pro-dvizheniia brenda organizatsii [The importance of brand positioning and current methods of promoting an organization's brand]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie*. 2023. vol. 14, no 2. pp. 155–163.

15. Gorchakova R.R., Osobennosti formirovaniia korporativnogo imidzha [Features of corporate image formation]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Obshchestvennye nauki*. 2012. vol 2, no 22. pp. 185-192.

16. Social network community. Netology, available at: <https://netology.ru/glossariy/gruppa-v-socialnoy-seti> (Accessed 9 February 2024)

17. Fursov, D., Krylatov, A., Svirkin, M., Prokhorenko, F. (2023). Problems of Data Processing in the Problem of Modeling Advertising Campaigns in Social Networks Using Python Libraries. In: Silhavy, R., Silhavy, P., Prokopova, Z. (eds) *Data Science and Algorithms in Systems. CoMeSySo 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 597. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7\\_85](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_85)

18. Service «AllSocial». Community statistics, available at: [https://m.vk.com/allsocial\\_ru?offset=5&own=1](https://m.vk.com/allsocial_ru?offset=5&own=1) (Accessed 1 June 2022)

19. Certificate of state registration of a computer program. Rospatent. Federal Service for Intellectual Property, available at: <https://www.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=198AE2CE-9544-4AD1-9143-D888912661F0> (Accessed 22 January 2024)

20. Service «Popsters». Statistics and analytics of community content on social networks, available at: <https://popsters.ru/app/faq> (Accessed 25 March 2024)

21. Certificate of state registration of a computer program. Rospatent. Federal Service for Intellectual Property, available at: <https://www.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=C17E07D2-3C57-417D-8EBA-15478D8D8F98> (Accessed 22 January 2024).