

# Применение апостериорных оценок для мультифакторного ранжирования транспортных компаний

М. С. Есин

*Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский  
центр Российской академии наук*

mse@dscs.pro

А. А. Корепанова

*Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский  
центр Российской академии наук*

aak@dscs.pro

Е. А. Звягина

*Санкт-Петербургский  
государственный  
университет*

yelenazvyagina@gmail.com

А. А. Сабреков

*Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский  
центр Российской академии наук*

aas@dscs.pro

**Аннотация.** В статье рассматривается концепция автоматизированного сервиса, который агрегирует предложения о стоимости и сроках доставки грузов от разных транспортных компаний. Важной частью работы сервиса является ранжирование результатов поиска с целью выдать предложения от наиболее надежных компаний в первую очередь. При этом ранжирование результатов не может основываться только на пользовательских рейтингах из-за ограниченности выборки клиентов и возможной субъективности учитываемых отзывов. В исследовании представлен алгоритм ранжирования транспортных компаний на основе анализа статистических метрик компании и пользовательских отзывов. Алгоритм позволяет получать согласованный рейтинг компаний с помощью апостериорных оценок вероятности истинности гипотез о позициях в рейтинге.

**Ключевые слова:** задача ранжирования; адаптивная мультифакторная оценка; формула Байеса; апостериорные оценки; экспертные оценки при ранжировании; сервис по оценке стоимости доставки; разработка веб-сервисов

## I. ВВЕДЕНИЕ

Логистика оказывает значительное влияние на различные сферы торговли и бизнеса. Исследования в области электронной коммерции показывают, что репутация курьерской службы, с которой сотрудничает ритейлер, напрямую влияет на продажи [1]. Отлаженные логистические процессы помогают сокращать время поставок, уменьшать издержки при транспортировке и повышать уровень безопасности перевозок, что в конечном итоге положительно влияет на качество предоставляемых бизнесом услуг.

Не менее важным в контексте оптимизации логистических процессов является выбор надежных партнеров в сфере логистики. Стратегии выбора

провайдера логистических услуг основываются не только на репутации компании, но и на совокупной величине расходов на перевозку этой компанией, зависящих от стоимости и сроков доставки [2]. Поэтому комплексная оценка рынка должна включать в себя сравнение компаний сразу по нескольким показателям, в том числе по отзывам пользователей, уровню ценовой конкурентоспособности и скорости доставки. Однако, подобный анализ становится слишком трудозатратным из-за разнообразия поставщиков логистических услуг и их количества, поэтому актуальной является задача автоматизации ранжирования предложений о перевозке по степени надежности компании и стоимости ее услуг.

Высокая конкуренция на рынке вынуждает транспортные компании повышать доступность своих предложений, размещая на своих сайтах специальные калькуляторы доставки. С их помощью можно самостоятельно оценить примерные стоимость и сроки доставки груза, а также сравнить их с предложениями других компаний. Однако, ручной сбор информации о предложениях занимает много времени и зачастую не учитывает предложения всех игроков рынка.

На базе лаборатории теоретических и междисциплинарных проблем информатики (ТиМПИ) СПб ФИЦ РАН развивается логистический портал Cargotime.ru, одним из разделов которого является агрегатор калькуляторов доставки. Данный сервис агрегирует данные о стоимости и сроках доставки с более чем 40 сайтов транспортных компаний, предоставляя разнородные коммерческие предложения в едином и удобном для сравнения формате [3]. Важной частью работы сервиса является ранжирование результатов поиска с целью выдать наиболее надежные и выгодные предложения в первую очередь.

Ключевая проблема при ранжировании предложений состоит в неопределенности критериев оценки компании. С одной стороны, надежность компании

нельзя оценивать только на основе пользовательских рейтингов, поскольку они зачастую подвержены искусственным накруткам и, возможно, не учитывают актуальность отзывов и репутацию автора. С другой стороны, при оценке полезно учитывать отдельные конструктивные отзывы авторитетных источников. Кроме того, существует множество других объективных показателей компании, в том числе экономические и стратегические, которые стоит учесть при оценке, но вклад которых не определен.

Целью работы является разработка подхода к ранжированию компаний на основе взвешенных статистических показателей. Особенностью данного подхода является вычисление значимости показателя компании в итоговой оценке на основе отдельных отзывов пользователей о компании. Итоговый рейтинг компаний на основе взвешенных показателей вычисляется с помощью апостериорных оценок вероятности истинности гипотез о позициях компаний в рейтинге.

## II. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследования в сфере электронной коммерции о значимости обратной связи от клиентов говорят о том, что анализ отзывов в отрыве от других статистических показателей не полностью раскрывает надежность продавца [4], что может следовать из неполноты обратной связи. Кроме того, написание фейковых отзывов может серьезно исказить представление пользователей об услуге [5]. При этом все рассуждения о недостаточности рассмотрения отзывов клиентов в сфере электронной коммерции переносятся на случай анализа рынка логистики, поскольку поиск предложений имеет схожий со сферой коммерции характер.

Чтобы учитывать сразу несколько показателей компании при оценке предложения, задачу ранжирования можно рассматривать как задачу мультикритериального принятия решений. Целью исследований [6, 7], близких к теме работы, является разработка алгоритма принятия решения о выборе 3PL<sup>1</sup> провайдера на основе экспертных мнений. В исследованиях используется метод анализа иерархий (Analytic hierarchy process) и метод анализа сетей (Analytic network process), при которых оценка весов показателей строится с помощью попарных экспертных сравнений важности показателей [8]. Однако, отзывы пользователей, которые предлагается использовать в работе, не позволяют строить необходимые экспертные сравнения, поскольку отзывы чаще несут обобщенный характер, а не оценивают отдельные показатели компании.

В то же время, число показателей компании, на которые опираются грузовладельцы, велико. В исследовании [6] проводился анализ всевозможных критериев, используемых для выбора поставщика 3PL-услуг. Среди критериев можно выделить объем выручки, чистую прибыль, географическое покрытие, число стратегических партнерств, долю рынка, степень цифровизации и другие. И это только малая часть от всех

факторов, так или иначе влияющих на репутацию компании.

Оценка вклада тех или иных показателей компании в общее представление о надежности компании также является сложной задачей, поскольку для разных представителей бизнеса важны разные показатели. К примеру, скорость доставки крайне важна для экспорта скоропортящейся продукции, при котором время идет на часы<sup>2</sup>. Однако, в процессе доставки крупногабаритной продукции скорее важна сохранность груза. Из подобного разнообразия интересов можно сделать вывод о том, что оценка вкладов показателей в общую оценку компании для разных задач может быть разной.

Анализ решений и опыта конкурентов, в том числе в сфере логистики, крайне важен для развития предпринимательской деятельности [9]. Однако, существующие методы принятия решений не позволяют использовать отзывы конкурентов в качестве экспертных мнений, поскольку они чаще всего носят обобщенный характер и не пригодны для попарных сравнений важности показателей. Поэтому в рамках развития платформы для анализа рынка логистики актуальна задача создания алгоритма ранжирования, основывающегося на отзывах пользователей и при этом учитывающего статистические показатели компании.

## III. АЛГОРИТМ МУЛЬТИФАКТОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

Основная идея предлагаемого метода ранжирования заключается в рассмотрении каждого из статистических показателей компании как экспертное мнение о позициях компаний в итоговом рейтинге, причем некоторые показатели могут быть более значимыми, чем остальные. Тогда задача ранжирования сводится к вычислению весов показателей и получению итогового согласованного рейтинга компаний, учитывающего позиции компаний в рейтингах всех показателей и веса этих показателей.

Вычисление весов показателей должно основываться на мнениях представителей определенного бизнеса. Таким образом, веса будут распределены в соответствии со значимостью показателей для индустрии, и у логистических компаний с высоким уровнем развития этих показателей позиция в рейтинге будет выше. В данной модели предлагается использовать набор показателей компании, приведенных в [6].

Рассмотрение показателей компании как экспертов, оценивающих компании на основе показателя, позволяет использовать рейтинг на основе показателя как мнение эксперта с компетентностью, соответствующей весу используемого показателя. Вывод согласованного, то есть, учитывающего все мнения, рейтинга компании можно произвести с помощью апостериорных оценок вероятности истинности гипотез о позициях компаний в итоговом рейтинге. Подобный подход используется в исследованиях [10, 11].

В следующих разделах будут рассмотрены алгоритмы фильтрации отзывов и вычисления пользовательской оценки компании, процесс вычисления

<sup>1</sup> 3PL (англ. third-party-logistics) — предоставление полного комплекса логистических услуг одной компанией

<sup>2</sup> Как бизнес с запада России доставляет живого краба в Китай: <https://rg.ru/2023/08/24/kak-biznes-s-zapada-rossii-dostavliaet-zhivogo-kraba-v-kitaj.html>

весов показателей, а также алгоритм вывода согласованной оценки позиций компаний в рейтинге.

#### IV. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО РЕЙТИНГА

Для вычисления рейтинга компании на основе отзывов в данной модели будут использоваться дата публикации отзыва и сама оценка, полученные из открытых источников. В дальнейшем планируется учитывать дату регистрации пользователя и общее число отзывов с целью детекции потенциально фейковых отзывов.

Пользовательская оценка  $r_i$  представляет собой число в диапазоне от 0 до 4. Поскольку со временем актуальность отзывов снижается, каждая  $i$ -ая оценка из  $N$  имеющихся будет учитываться с весовым коэффициентом  $\tau_i$ , который спустя полгода после публикации обратно экспоненциально зависит от количества дней с момента публикации  $t$  (рис. 1) и вычисляется по формуле:

$$\tau_i(t) = \begin{cases} 1,7e^{-0,003t}, & \text{если } t > 180 \\ 1, & \text{если } t \leq 180 \end{cases}$$

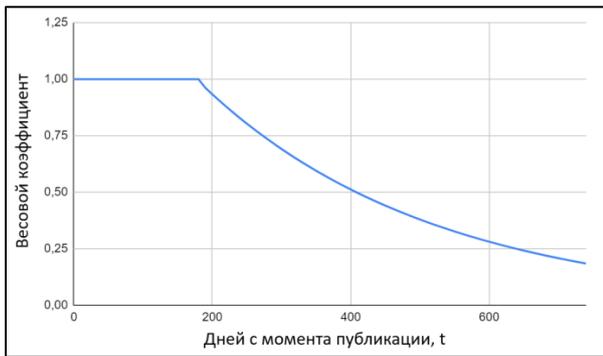


Рис. 1. Зависимость веса отзыва от давности публикации

Помимо самих оценок, при подсчете рейтинга важно учитывать размер выборки, поскольку рейтинг компании с низким числом отзывов может быть неоправданно выше из-за отсутствия нейтральных и отрицательных отзывов. Введем с помощью подходящих констант функцию числа отзывов, которая достигает значения  $f(N) = 1.0$  при  $N = 50$ , а на остальных участках демонстрирует экспоненциальный рост (рис. 2):

$$f(N) = \begin{cases} 0,37e^{0,02N}, & \text{если } N < 50 \\ 0,935e^{0,015N}, & \text{если } N \geq 50 \end{cases}$$

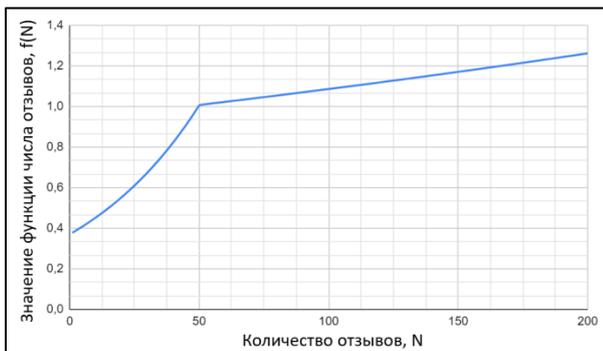


Рис. 2. Рост значения функции числа отзывов

Необходимо было обеспечить положительность значений функции числа отзывов и весового коэффициента, поэтому был выбран экспоненциальный характер роста функций. Константы были экспертно подобраны так, чтобы сохранить непрерывность функций в окрестностях изломов.

Итоговый пользовательский рейтинг компании  $R(N)$  на основе  $N$  отзывов вычисляется как средневзвешенное всех оценок с учетом весового коэффициента и функции числа отзывов по формуле:

$$R(N) = \frac{\sum^N (\tau_i \cdot r_i)}{\sum^N \tau_i} \cdot f(N)$$

где  $r_i$  – оценка  $i$ -ого отзыва,  $\tau_i$  – вес  $i$ -ого отзыва с учетом устаревания,  $N$  – число отзывов,  $f(N)$  – функция от числа отзывов.

Полученные для каждой из  $L$  компаний пользовательские оценки нормируются числом от 0 до 1 на основе максимального и минимального значений. Вычисленные пользовательские оценки компаний, на которых основан пользовательский рейтинг, будут использованы для вычисления весов показателей.

#### V. ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЕСОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Вклад показателей компании в итоговую оценку предлагается искать на основе расположения компаний в пользовательском рейтинге, вычисленном с помощью отзывов. Будем считать, что для каждого из  $M$  показателей можно получить ранжированный список нормированных значений этого показателя для всех  $L$  компаний. Кроме того, пользовательский рейтинг не входит в число рассматриваемых показателей, поскольку его вклад в итоговый рейтинг будет учтен при распределении весов.

Введем вектор нормированных значений показателей  $criteria$  размерности  $M \times L$ , где  $criteria[i][j]$  – значение  $i$ -ого показателя у  $j$ -ой компании. Введем также вектор  $w$  размерности  $M$ , отвечающий за вес  $i$ -ого показателя, причем  $\sum_{i=1}^{M-1} w[i] = 1$ .

Значения вектора  $rate_w$  размерности  $L$  будут отвечать за рейтинг компаний на основе показателей, взвешенных с помощью весов  $w$ , и вычисляться для каждой  $j$ -ой компании как:

$$rate_w[j] = \frac{1}{M} \sum_i^M criteria[i][j] \cdot w[i]$$

Чтобы сбалансировать веса показателей  $w$  так, чтобы важные с точки зрения пользователей показатели были с большим весом, а менее популярные – с меньшим, требуется решить задачу нелинейного программирования, минимизировав следующую целевую функцию, аргументами (допустимыми планами) которой являются допустимые векторы  $w$ :

$$De(w) = \sum_{j=0}^{L-1} (rate_w[j] - rate[j])^2,$$

где  $rate[j]$  – нормированное значение пользовательского рейтинга  $j$ -ой компании.

В качестве целевой функции была выбрана функция квадратичной ошибки, поскольку она более чувствительна к значительным различиям значений  $rate_w[j]$  и  $rate[j]$ . Минимизация подобной функции является задачей условной нелинейной оптимизации, поскольку множество допустимых планов ограничено условием положительности всех компонентов и  $\sum_1^M w[i] = 1$ . В данной модели предлагается использовать эвристический подход к минимизации, описанный в [12], позволяющий за линейное от  $M$  время получать приближенное к оптимальному распределению весов  $w$ .

После получения вектора весов для всех показателей, в которых наиболее важные для пользователей показатели имеют больший вес, можно приступить к выводу согласованного рейтинга компаний на основе рейтингов по всем показателям.

## VI. ВЫВОД СОГЛАСОВАННОГО РЕЙТИНГА

После расчёта весов каждого из показателей, требуется вывести согласованные оценки о позиции каждой компании в итоговом рейтинге. Будем считать показатели экспертами, подразумевая под экспертным мнением рейтинг компаний на основе показателя. Для расчета рейтинга воспользуемся методикой, изложенной в [13, 14]. Введём дополнительные построения:

- $H_R^{(i)}$  – гипотеза о том, что  $i$ -ой компании будет присвоена итоговая позиция  $R$ , причём набор гипотез  $\{H_r^{(i)}\}_{r=0}^{L-1}$  составляет полную систему событий
- $P(H_R^{(i)})$  – априорная вероятность того, что гипотеза об итоговой позиции  $R$  у  $i$ -ой компании верна
- $e_R^{(i)}$  – событие назначения  $i$ -ой компании позиции  $R$  некоторым (возможно, пустым) подмножеством экспертов
- $P(H_R^{(i)} | e_R^{(i)})$  – апостериорная вероятность того, что гипотеза о позиции  $i$ -ой компании верна с учетом рассмотрения экспертных мнений
- $P(e_R^{(i)} | H_R^{(i)})$  – условная вероятность того, что при назначении  $i$ -ой компании позиции  $R$  мнения экспертов были распределены как при  $e_R^{(i)}$

Интересующая нас апостериорная вероятность истинности гипотезы о позиции  $i$ -ой компании может быть вычислена с помощью формулы Байеса:

$$P(H_R^{(i)} | e_R^{(i)}) = \frac{P(e_R^{(i)} | H_R^{(i)}) \cdot P(H_R^{(i)})}{\sum_{s=0}^{L-1} [P(e_R^{(i)} | H_R^{(s)}) \cdot P(H_R^{(s)})]}$$

где в знаменателе правой части указана формула полной вероятности для полной системы событий  $\{H_r^{(i)}\}_{r=0}^{L-1}$ .

События вида  $\{H_r^{(i)}\}_{r=0}^{L-1}$  в априорных оценках  $P(H_R^{(i)})$  нужно считать равновероятными, поскольку без учета мнений экспертов компании с одинаковой вероятностью могут занять любую позицию. Тогда для всех  $i$  априорная вероятность  $P(H_R^{(i)}) = \frac{1}{L}$ . Тогда формула для

апостериорной оценки после замены и сокращения  $P(H_R^{(i)})$  в числителе и знаменателе может быть вычислена как:

$$P(H_R^{(i)} | e_R^{(i)}) = \frac{P(e_R^{(i)} | H_R^{(i)})}{\sum_{s=0}^{L-1} P(e_R^{(i)} | H_R^{(s)})}$$

Степень соответствия выборов экспертов  $e_R^{(i)}$  гипотезе  $H_R^{(i)}$  равна отношению суммы весов мнений о том, что  $i$ -ая компания занимает  $R$ -ую позицию, к общей сумме весов мнений, которая в свою очередь равна  $\sum_{i=0}^{M-1} w[i] = 1$ . Поэтому условная вероятность вида  $P(e_R^{(s)} | H_R^{(s)})$  может вычислена как:

$$P(e_R^{(s)} | H_R^{(s)}) = \frac{\sum\{w[j]: \rho_j(s) = R\}}{\sum_i^M w[i]}$$

$$P(e_R^{(s)} | H_R^{(s)}) = \sum\{w[j]: \rho_j(s) = R\},$$

где  $\rho_j(s)$  – позиция  $s$ -ой компании, которую присвоил  $j$ -ый эксперт.

После подсчета апостериорных оценок вероятности занять одну из позиций для каждой из компаний получим  $L$  дискретных распределений из  $L$  исходов в каждом. Итоговый рейтинг компании можно получить с помощью вычисления математического ожидания соответствующего распределения, поскольку значение математического ожидания является средней позицией, которая учитывает мнения всех экспертов.

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье был рассмотрен подход к ранжированию компаний на основе пользовательских отзывов и набора статистических показателей, который использует предварительно взвешенные показатели в качестве экспертных мнений. Ранжированный список основывается на выводе апостериорных оценок об истинности гипотез о позициях компаний в рейтинге.

В дальнейшем планируется оптимизировать процесс вычисления весов показателей за счет более тонкой работы с отзывами. Так, в исследовании [15] приводятся особенности влияния невротизма клиента на его обратную связь. Возможные пути к автоматизации оценки выраженности психологических качеств на основе текстовых постов и отзывов приведены в исследованиях [16, 17, 18].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Riley J.M., Klein R. How logistics capabilities offered by retailers influence millennials' online purchasing attitudes and intentions // Young Consumers, vol. 22, no. 1, 2021, pp. 131-151. DOI: 10.1108/YC-12-2018-0889.
- [2] Cao K., Xu Y., Wu Q., Wang J., Liu C. Optimal channel and logistics service selection strategies in the e-commerce context // Electronic Commerce Research and Applications, vol. 48, 2021. DOI: 10.1016/j.elerap.2021.101070.
- [3] Абрамов М.В., Есин М.С. Агрегация сведений и оценка параметров грузовых маршрутов на основе методов машинного обучения в условиях информационного дефицита // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2021): Материалы XII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции, Санкт-Петербург, 2021. С. 328-330.

- [4] Das P.K., Kumar T. E-commerce sellers' ratings: Is user feedback adequate? // *International Journal of Consumer Studies*, vol. 47, no. 4, 2023, pp. 1561–1578. DOI: 10.1111/ijcs.12938.
- [5] Cao C. The Impact of Fake Reviews of Online Goods on Consumers // *BCP Business & Management*, vol. 39, 2023, pp. 420-425. DOI: 10.54691/bcpbm.v39i.4208.
- [6] Dadashpour I., Bozorgi-Amiri A. Evaluation and Ranking of Sustainable Third-party Logistics Providers using the D-Analytic Hierarchy Process // *International Journal of Engineering*, vol. 33, no. 11, 2020, pp. 2233-2244. DOI: 10.5829/ije.2020.33.11b.15.
- [7] Tuljak-Suban D., Bajec P. Integration of AHP and GTMA to Make a Reliable Decision in Complex Decision-Making Problems: Application of the Logistics Provider Selection Problem as a Case Study // *Symmetry*, vol. 12 no. 5, 2020. DOI: 10.3390/sym12050766.
- [8] Семенихина Н. Метод анализа иерархий как системный подход к проблеме принятия решений // *Journal of Scientific Publications on Economic*, т. 117, №2, с. 38–50, 2023.
- [9] Wu, C.-H. Service Quality Measurement and Competition Strategy Analysis of Online Shopping // *Macro Management & Public Policies*, vol. 2, no. 1, 2020, pp. 28–32. DOI: 10.30564/mmpp.v2i1.1331.
- [10] Кожомбердиева Г.И., Бураков Д.П., Хамчиев Г.А. Разработка программ для поддержки принятия решений на основе байесовских вероятностных моделей // *Международный журнал Программные продукты и системы*, т. 35, №2, 2022, с. 184-194. DOI: 10.15827/0236-235X.138.184-194.
- [11] Кожомбердиева Г.И., Бураков Д.П. Использование формулы Байеса при оценивании качества программного обеспечения по стандарту ISO/IEC 9126 // *Международный журнал Программные продукты и системы*, т. 32, №1, 2019, с. 34-41. DOI: 10.15827/0236-235X.125.034-041.
- [12] Бойко А.А., Дегтярёв И. С. Метод оценки весовых коэффициентов элементов организационно-технических систем // *Системы управления, связи и безопасности*, № 2, 2018, с. 245–266.
- [13] Кожомбердиева Г.И., Бураков Д.П., Хамчиев Г.А. Использование формулы Байеса при групповом экспертном рейтинговом оценивании // *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*. 2019. Т. 1. С. 43-46.
- [14] Кожомбердиева Г.И., Бураков Д.П., Хамчиев Г.А. Реализация группового экспертного рейтингового оценивания на основе формулы Байеса // *Мягкие измерения и вычисления*. 2019. № 11 (24). С. 4-16.
- [15] Biryuk V., Maalej W. Exploring the Relationship Between Personality Traits and User Feedback // *2023 IEEE 31st International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*, 2023, pp. 20-25. DOI: 10.1109/REW57809.2023.00010.
- [16] Oliseenko V.D., Hastiev S.R., Tulupyeva T.V. Big Five: What User Posts Say? // *Proceedings of the Seventh International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (ITI'23)*, vol. 776, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-43789-2\_7
- [17] Oliseenko V.D., Abramov M.V., RuBERT Embeddings in the Task of Classifying User Posts on a Social Media // *2022 XXV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)*, 2022, pp. 31-33. DOI: 10.1109/SCM55405.2022.9794844.
- [18] Олисеенко В.Д., Абрамов М.В. Предсказание результатов 16-факторного теста Р. Кеттелла на основе анализа текстовых постов пользователей социальной сети // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, т. 23, № 2, 2023, с. 279–288. DOI: 10.17586/2226-1494-2023-23-2-279-288.