

УДК 330.46

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.46.3.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.46.3.003)

## Метод комбинированного использования SWOT-анализа и метода гибридных оценок

К.А. Маковий✉, О.Е. Ефимова, Ю.В. Хицкова, Е.А. Новиков

*Воронежский государственный технический университет,  
Воронеж, Российская Федерация*

**Резюме.** В работе рассмотрен метод, при котором SWOT-анализ комбинируется с методом гибридных оценок. SWOT-анализ включает в себя выявление внутренних сильных и слабых сторон организации (Strengths, Weaknesses), а также внешних возможностей и угроз (Opportunities, Threats), что позволяет выявить стратегии для максимизации преимуществ и минимизации рисков. В свою очередь, метод гибридных оценок сочетает в себе преимущества нескольких известных методов повышения эффективности и удобства процесса принятия решений. Основная идея метода заключается в комбинированном использовании метода анализа иерархий и статистического метода расчета средневзвешенного, что позволяет объединить их сильные стороны и при этом минимизировать недостатки. Метод анализа иерархий позволяет структурировать сложные задачи в виде иерархии, которая далее формируется в отдельные уровни. Парные сравнения элементов иерархии позволяют оценивать относительную важность каждого элемента, что обеспечивает систематический подход к принятию решений. Целью интеграции было объединить положительные черты двух методов. В рамках данной работы был выявлен и подробно описан один из главных недостатков подхода комбинированного использования SWOT-анализа и метода анализа иерархий. Также был выполнен сравнительный анализ количества требуемых операций парных сравнений между подходом комбинированного использования SWOT-анализа и метода анализа иерархий, и использования SWOT-анализа совместно с методом гибридных оценок.

**Ключевые слова:** метод принятия решения, метод анализа иерархий, метод гибридных оценок, нефункциональные требования, функциональные требования, SWOT-анализ.

**Для цитирования:** Маковий К.А., Ефимова О.Е., Хицкова Ю.В., Новиков Е.А. Метод комбинированного использования SWOT-анализа и метода гибридных оценок. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2024;12(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1601> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.003

## Method of combined use of SWOT-analysis and hybrid estimation method

К.А. Makoviy✉, О.Е. Efimova, Yu.V. Khitskova, Е.А. Novikov

*Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract:** The paper considers a method in which SWOT analysis is combined with the hybrid assessment method. SWOT analysis includes the identification of internal strengths and weaknesses of the organization and external opportunities and threats, which allows to choose strategies to maximize benefits and minimize risks. In turn, the hybrid assessment method combines the advantages of several well-known methods for increasing the efficiency and convenience of the decision-making process. The main idea of the method is the combined use of the hierarchy analysis method and the statistical method of calculating the weighted average, which makes it possible to combine their strengths and at the same time minimize the disadvantages. The analytical hierarchy process allows one to structure complex tasks in the form of a hierarchy, which is then formed into separate levels. Paired comparisons of hierarchy elements make it possible to assess the relative importance of each element, which provides a systematic

approach to decision-making process. The purpose of the integration was to combine the positive features of the two methods. Within the framework of this article, one of the main disadvantages of the combined use of SWOT analysis and the hierarchy analysis method was identified and described in detail. A comparative analysis of the number of required pairwise comparison operations was also carried out between the combined use of SWOT analysis and the hierarchy analysis method, and the use of SWOT analysis in conjunction with the hybrid assessment method.

**Keywords:** decision making method, hierarchy analysis method, hybrid assessment method, non-functional requirements, functional requirements, SWOT analysis.

**For citation:** Makoviy K.A., Efimova O.E., Khitskova Yu.V., Novikov E.A. Method of combined use of SWOT-analysis and hybrid estimation method. *Modeling, optimization and information technology*. 2024;12(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1601> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.003 (In Russ.).

## Введение

В современном мире, где объемы данных растут экспоненциально, а сложность принимаемых решений увеличивается, системы поддержки принятия решений (СППР) становятся неотъемлемой частью успешного функционирования предприятий и организаций. Эти системы предоставляют возможность анализировать информацию, прогнозировать последствия различных вариантов действий и принимать обоснованные решения на основе данных и экспертного опыта. Одним из ключевых аспектов актуальности применения СППР является повышение эффективности бизнес-процессов. Благодаря автоматизации аналитических процессов и возможности быстрого реагирования на изменяющиеся условия, компании могут улучшить свою конкурентоспособность и адаптироваться к быстро меняющейся рыночной среде. Кроме того, в контексте роста объемов данных и их разнообразия, применение СППР позволяет выявлять скрытые закономерности и тренды, что способствует принятию более точных и обоснованных решений. Целью настоящей работы является изучение эффективности комбинированного использования метода гибридных оценок (МГО) и SWOT-анализа, а также сравнение данного подхода с другими, уже существующими решениями и подходами.

## Проблематика количественной модификации SWOT-анализа

Целью разработки любой программной системы является удовлетворение потребностей различных заинтересованных сторон. Следовательно, управление процессом формирования требований к программному обеспечению играет важную роль в успехе любого проекта. Однако из-за временных и бюджетных ограничений, зачастую сложно решить, какие требования удовлетворят максимальное количество заинтересованных сторон. Таким образом, приоритезация требований является одним из наиболее важных этапов в принятии решений при разработке программного обеспечения [1–2].

SWOT-анализ – это широко используемый метод, целью которого является предоставление информации о внутренних и внешних переменных, которые следует учитывать при разработке стратегий планирования для организации. Представляющие интерес переменные сгруппированы в четыре категории, обычно обозначаемые буквами S, W, O и T [3, 4].

S: Переменные, связанные с факторами, в которых демонстрируется определенная сила; переменные, которые используются в своих интересах для роста и развития.

W: В отличие от предыдущей группы, эта группа содержит переменные, связанные с факторами, в отношении которых организация проявляет определенную слабость; переменные, которые, если их не исправить или не улучшить, могут препятствовать росту и развитию организации.

O: Переменные, связанные с аспектами, которые можно рассматривать как возможности, которыми организация могла бы воспользоваться для своего роста и развития.

T: Переменные, которые могут представлять угрозу росту и развитию организации. Их воздействие целесообразно предотвратить или нейтрализовать.

Возможно использование SWOT как для формулирования стратегии с помощью использования сильных сторон и информации о возможностях и угрозах рынка, так и для выбора наилучшей стратегии среди возможных или рассматриваемых в организации. Возможны случаи появления новых стратегий на основе комбинации факторов SWOT, данный случай необходимо рассматривать каждый отдельно. ЛПП должен определить, существуют ли новые факторы, влияющие на выбор вновь появившихся стратегий или же достаточно ранее рассмотренных факторов и результаты исследования можно реализовать на практике. В случае принятия решения о существовании новых факторов необходима новая итерация исследования и запуск алгоритма вновь.

Одним из основных ограничений SWOT-анализа то, что он не предоставляет количественных данных, что ограничивает его способность к объективной оценке и сравнению альтернативных стратегических вариантов [5]. Одним из путей преодоления данных ограничений является комбинирование SWOT-анализа с математическими инструментами принятия решений, среди которых можно выделить методы поддержки принятия решений, которые, в свою очередь, предоставляют возможность количественной оценки критических факторов, выявленных в рамках SWOT-анализа.

Данный подход также минимизирует недостатки количественных методов, в том числе метода анализа иерархий (МАИ). В случае, когда при выборе стратегии используются только количественные методы, изначально эксперты оценивают заранее сформулированные стратегии, комбинация которых исключается. Более узким становится выбор экспертов, менее гибким – результат, в таком случае увеличится вероятность ошибки выбора и погрешность в модели. В результате работы получена методика, сочетающая в себе качественные и количественные методы и позволяющая минимизировать перечисленные выше недостатки.

Задачей статьи является разработка методики, позволяющей минимизировать недостатки таких методов экспертных оценок как МАИ, SWOT-анализ, МГО и, которая будет достаточно универсальной для разного количества оцениваемых факторов.

### ***Модель и алгоритм комбинации SWOT-анализа и МАИ***

Исследователями был успешно разработан и описан подход, при котором SWOT-анализ комбинируется с методом анализа иерархий [6, 7]. При таком подходе МАИ используется для количественной оценки факторов, выявленных в SWOT-анализе, с целью улучшения точности и объективности стратегического анализа. Одним из ключевых преимуществ комбинированного подхода является возможность формализации процесса принятия решений и учет экспертных оценок весов значимости факторов. МГО позволяет систематизировать факторы, которые нужно учитывать при принятии решения, а также провести их парное сравнение на основе критериев значимости, что помогает выявить наиболее важные аспекты для организации.

Несмотря на все плюсы такого подхода, главным недостатком комбинированного использования SWOT и МАИ является большое количество операций парных сравнений,

которые необходимо выполнить для определения весов критериев и приоритетов альтернатив. Например, если исследование содержит 12 факторов (по 3 фактора на SWOT-группу) и 3 заранее определенных стратегии, то потребуется сделать 27 парных сравнений. В случае отсутствия заранее определенных стратегий, количество парных сравнений останется 12. Комбинирование SWOT-анализа с МГО успешно решает описанную проблему [8].

При сравнительно малом количестве факторов и стратегий (до 5) объем требуемых операций у двух рассматриваемых методов сопоставим, но, начиная с 5 факторов и стратегий, разница в количестве операций парных сравнений начинает значительно увеличиваться, становясь все более видимой с каждым добавлением нового фактора. Описанная разница в количестве операций парных сравнений представлена в Таблице 1. В данной таблице отражен условный пример, содержащий некое различное, универсальное соотношение SWOT-факторов, количество которых может варьироваться в зависимости от анализируемой ситуации, организации, рынка и т. д.

В результате работы разработано приложение, которое позволяет сравнить разное количество факторов.

Таблица 1 – Разница в операциях парного сравнения между МАИ и МГО  
Table 1 – Quantitative difference of paired comparisons between AHP and HAM

Количество факторов/стратегий	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество операций в МАИ	27	54	96	156	237	342	474	636	831	1062
Количество операций в МГО	31	52	71	102	139	182	231	286	347	414

Данные о количестве операций парного сравнения при данных значениях количества факторов и стратегий для метода анализа иерархий были получены при помощи формулы (1), представленной ниже:

$$h + g \cdot \left( f \cdot \left( \frac{f-1}{2} \right) + \left( f \cdot \left( s \cdot \frac{s-1}{2} \right) \right) \right), \quad (1)$$

где  $h$  – константа, значение которой равно количеству парных сравнений, необходимых для вычисления удельного веса групп. Количество операций константно и равно 6;  $g$  – константа, обозначающая количество SWOT-групп. Количество групп в SWOT-анализе равно 4;  $f$  – общее количество факторов;  $s$  – общее количество стратегических альтернатив;

В то же время данные о количестве необходимых операций парных сравнений для метода гибридных оценок было получено с использованием формулы (2), представленной ниже:

$$h + g \cdot \left( \frac{f \cdot f - 1}{2} \right) + (f \cdot s), \quad (2)$$

где  $h$  – константа, значение которой равно количеству парных сравнений, необходимых для вычисления удельного веса групп. Количество операций константно и равно 6;  $g$  – константа, значение которой равно количеству парных сравнений, необходимых для вычисления удельного веса группы количество SWOT-групп. Количество групп в SWOT-анализе равно 4;  $f$  – общее количество факторов;  $s$  – общее количество стратегических альтернатив.

На основании расчетов, представленных в Таблице 1, была построена трехмерная визуализация зависимости количества выполняемых операций сравнения от количества факторов и стратегий, задействованных в расчетах для метода анализа иерархий и метода гибридных оценок соответственно. Визуализация представлена на Рисунке 1.

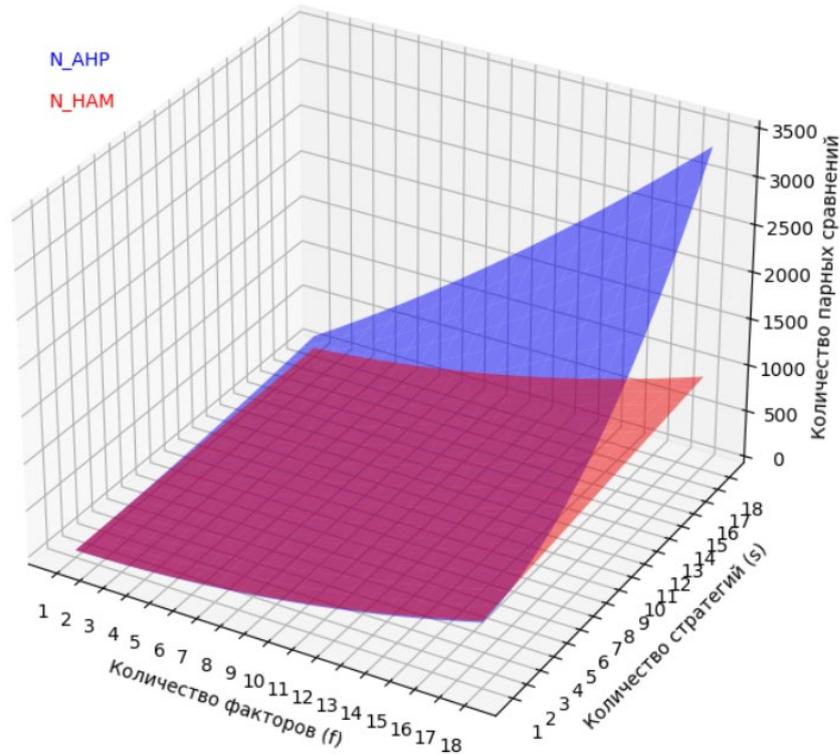


Рисунок 1 – Разница в количестве операций парного сравнения между МАИ и МГО  
 Figure 1 – The difference in the number of paired comparison operations between AHP and HAM

На графике представлена количественная разница операций парных сравнений для двух методов. Количество парных сравнений для МАИ растет экспоненциально с увеличением количества факторов (f) и количества стратегий (s). В то же время, в МГО количество парных сравнений также увеличивается, но значительно медленнее. МАИ требует существенно больше операций парных сравнений по сравнению с МГО, что свидетельствует о большей сложности и более высоких вычислительных затратах. МАИ, хотя и является мощным инструментом для принятия решений, может оказаться менее практичным в ситуациях, где необходимо обрабатывать большое количество параметров. МГО, напротив, более подходящий для задач с большим количеством учитываемых параметров. Сравнение двух подходов к улучшению и модификации SWOT-анализа (Комбинированное использование SWOT-анализа и МАИ, с одной стороны, и использование SWOT-анализа с МГО) представлено на Рисунке 2. Под буквой а) представлен ход работы с комбинации SWOT и МГО. Под буквой б) представлен ход работы комбинации SWOT с МАИ.

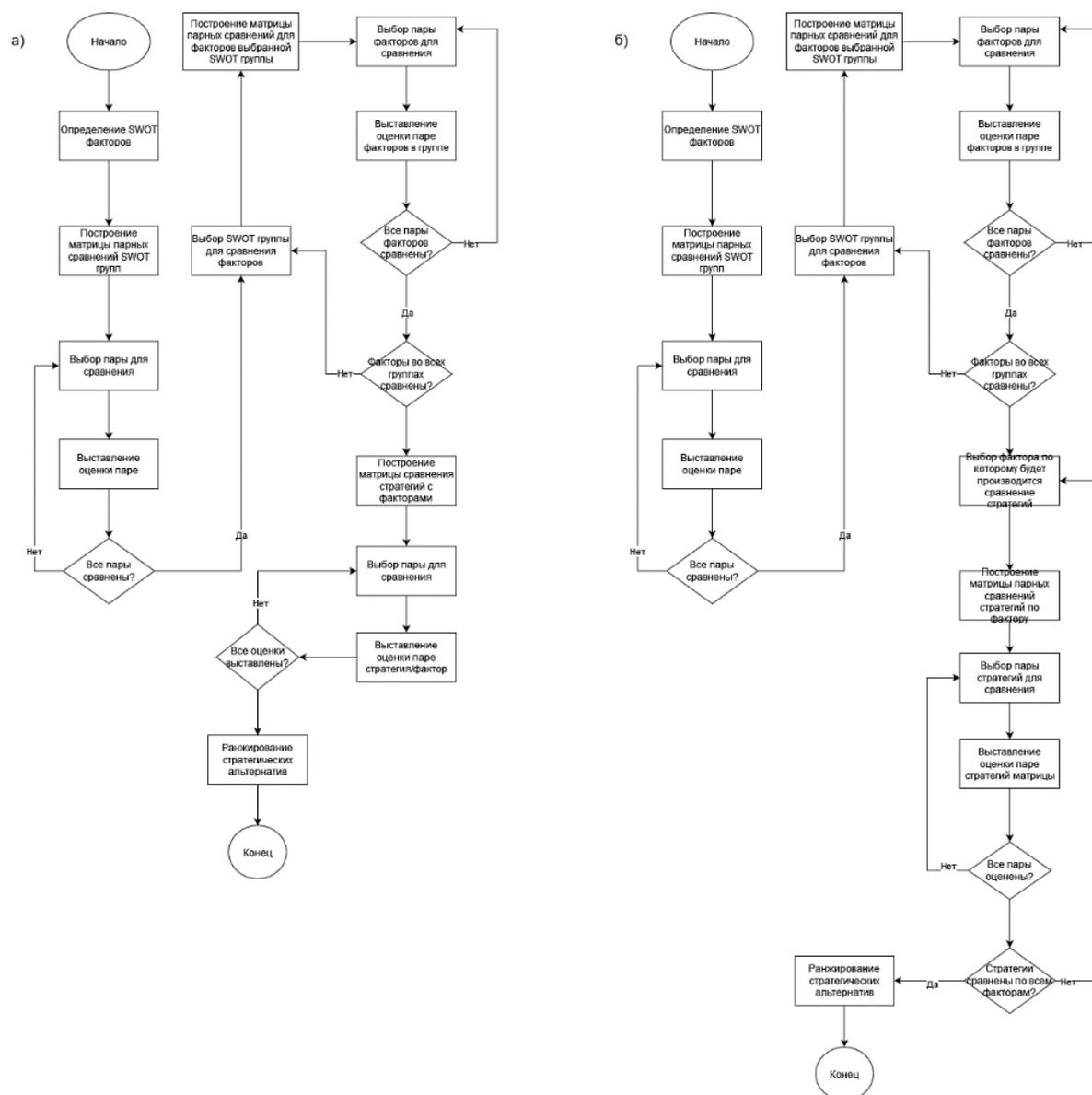


Рисунок 2 – Сравнение подходов к модификации SWOT-анализа: а) МАИ, б) МГО  
Figure 2 – Comparison of approaches to modification of SWOT analysis: а) AHP, б) NAM

Под буквой а) представлен общий алгоритм работы с МГО. Процесс начинается с этапа определения SWOT-факторов, после чего строится матрица парных сравнений для определения важности SWOT-групп. На следующем шаге строится матрица парных сравнения факторов внутри SWOT-группы. Происходит выбор пары факторов для сравнения и выставление оценки этой паре. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут оценены все пары факторов. Эта операция проводится для всех SWOT-групп. После этого создается матрица сравнения стратегий с факторами и вновь происходит выбор пары для сравнения и оценка. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут выставлены все оценки, после чего происходит ранжирование стратегических альтернатив.

Под буквой б) продемонстрирован алгоритм работы МАИ. Процесс начинается с этапа определения SWOT-факторов, после чего строится матрица парных сравнений для определения важности SWOT-групп. Далее строится матрица парных сравнений факторов внутри SWOT-группы. На следующем шаге происходит выбор пары факторов

для сравнения и выставление оценки этой паре. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут оценены все пары факторов. Эта операция проводится для всех SWOT-групп. Далее строится матрица сравнения стратегий по фактору, внутри матрицы стратегий выбираются пары для сравнения. Оценка пар стратегий продолжается до тех пор, пока не будут оценены все пары по данному фактору. Затем происходит ранжирование стратегических альтернатив на основе всех проведенных сравнений.

### **Модель и алгоритм комбинации SWOT-анализа и МГО**

Согласно данным, приведенными исследователями [9], первым шагом первого этапа является определение критериев и альтернатив. Стоит обратить внимание на то, что в роли критериев данного метода выступают SWOT-факторы. Пусть  $nf$  – количество факторов, а  $na$  – количество стратегических альтернатив.

На втором шаге производится опрос экспертов (лиц, принимающих решения), принимающих участие в проводимом исследовании. Каждый эксперт в формате опрос-листа, состоящего из 4 экранов (по количеству SWOT-групп), указывает то, насколько, по его мнению, SWOT-факторы данной группы важны относительно друг друга. Отметим, что поскольку процесс расчетов, изложенный далее по тексту, идентичен для всех 4 матриц попарных сравнений, в качестве примера для детального рассмотрения была выбрана матрица факторов сильных сторон (Strengths).

Факторы в группе являются элементами матрицы факторов  $f_s$  размерностью  $n_{f_s}$ . Для всех  $i$  и  $j$  с  $1 \leq i < j \leq n_{f_s}$  сравниваются  $i$ -й и  $j$ -й фактор. Значение  $f_{ij_s}$  элемента матрицы рассчитывается при помощи шкалы оценки, взятой из исследования, описывающего использование метода гибридных оценок в задаче выбора объекта пилотного проекта [10].

Для заполнения оставшихся полей матрицы используется формула  $f_{ji_s} = \frac{1}{f_{ij_s}}$ , т. е. обратная функция. На третьем шаге производится вычисление вектора приоритетов, который представляет собой веса факторов данной группы. Для этого, используя среднее-геометрическое, определяемое по формуле (3):

$$w_i = \sqrt[n_{f_s}]{\prod f_{ij_s}}, \quad (3)$$

выполнив нормализацию, получаем вектор нормализованных весов  $nw$  (4):

$$nw_j = \frac{w_j}{\sum w_j}. \quad (4)$$

На следующем шаге потребуется рассчитать индекс согласованности (consistency ratio)  $Cl$  для матрицы факторов  $f_s$ . Это можно сделать, используя формулу (5):

$$Cl = \frac{\lambda - n_{f_s}}{n_{f_s} - 1}. \quad (5)$$

При этом стоит заметить, что, если в методе анализа иерархий  $\lambda$  является наибольшим собственным значением матрицы критериев  $c$ , в МГО  $\lambda$  представляет собой среднее нормализованного взвешенного вектора, т. е. нормализованного вектора  $nw$  (уравнение 2), деленного на нормализованный вектор  $nw$ . Данный расчет производится путем умножения парной матрицы на вектор  $nw$ , а затем делением каждого полученного значения вектора на соответствующее значение вектора  $nw$ . Затем полученный индекс согласованности необходимо сравнить со случайным индексом ( $RI$ ), который представляет собой среднее арифметическое из индексов согласованности случайных

взаимных матриц. Значения индекса для матриц размерности  $2 \times 2 - 6 \times 6$  представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Случайный индекс (*RI*) для различных размерностей матрицы сравнения  
Table 2 – Random index (*RI*) for different dimensions of the comparison matrix

Размерность матрицы	2×2	3×3	4×4	5×5	6×6
	0	0,3416	0,5508	0,7008	0,7962

Далее, получив значения случайного индекса (*RI*) и индекса согласованности (*CI*), требуется рассчитать коэффициента согласованности (*CR*), используя формулу (6):

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (6)$$

Для оценки логической согласованности взаимно-обратных матриц коэффициент согласованности *CR* должен быть 10 % для взаимно-обратных матриц с размером  $n > 4$ ; менее 8 % для матриц размерностью  $4 \times 4$  и менее 5 % для матриц размерности  $3 \times 3$ .

На втором этапе исследования эксперты заполняют еще один опрос-лист, в рамках которого каждый эксперт указывает то, насколько, по его мнению, каждая из стратегических альтернатив важна относительно факторов каждой из SWOT-групп. Для выставления оценок используется шкала оценки, представленная в исследовании, описывающем использование метода гибридных оценок в задаче выбора объекта пилотного проекта [10]. Таким, если в характеристиках исследования было заложено, например, 4 стратегических альтернативы, будут получены 4 матрицы попарных сравнений. Дальнейшие расчеты идентичны тем, которые были описаны в рамках первого этапа. Метод определения приоритетности альтернатив представляет собой расчет геометрических средних, но с использованием полученного нормализованного вектора приоритетов из первого этапа (7):

$$r_i = \prod_1^n a^{nw_{ij}}. \quad (7)$$

Затем полученный вектор *r* нормализуется, давая оценку альтернативным вариантам (8):

$$Rate_{Alt_i} = \frac{r_i}{\sum r_i}. \quad (8)$$

### Программная реализация модели и алгоритма комбинации SWOT-анализа и МГО

Описываемый метод комбинированного использования МГО и SWOT-анализа был успешно реализован. Его работа продемонстрирована примером, представленным в разделе. Для целей демонстрации была выбрана задача выбора архитектурного стиля при разработке программного обеспечения.

Были рассмотрены три стратегические альтернативы и 9 факторов (по 3 фактора на каждую SWOT-группу). Факторами сильных сторон (Strengths) являются: Опытная команда разработчиков, Высокая степень автоматизации тестирования, Применение передовых технологий и методологий разработки. Факторами слабых сторон (Weak) являются: Неэффективная система управления проектом, Недостаточное финансирование, плохо написанное ТЗ. Факторами возможностей (Opportunities) являются: Расширение клиентской базы за счет дополнительных функций, Партнерство с другими компаниями, Внедрение программы обучения для персонала. Факторами рисков являются: Конкуренция на рынке, Возникновение новых технологий, конкурирующих продуктом, Изменение законодательства. Кандидатами на выбор

архитектурных стилей (альтернативами) являются: MVC, Client-Server, Layered. Для начала от администратора требуется добавить новое исследование в систему. Сделать он это может, используя форму, показанную на Рисунках 3 и 4. После добавления исследования становится доступно для всех экспертов, зарегистрированных в системе. Это показано на Рисунке 5.

### Основная информация об исследовании

Название исследования

Выбор архитектуры для разработки приложения

Краткое описание исследования

В рамках данного исследования будет определена лучший архитектурный подход для разработки приложения

Рисунок 3 – Форма добавления нового исследования  
Figure 3 – Form for adding a new study

Стратегические альтернативы

MVC

Client-Server

Layered

+

ДОБАВИТЬ ИССЛЕДОВАНИЕ

Рисунок 4 – Форма добавления нового исследования (список стратегических альтернатив)  
Figure 4 – Form for adding a new study (list of strategic alternatives)

### Список исследований

[ДОСТУПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ](#) [ЗАКОНЧЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ](#)

[Выбор архитектуры для разработки приложения](#)

Данное исследование создаётся в демонстрационных целях статьи для журнала МОИТ

Рисунок 5 – Новое исследование доступно для участия  
Figure 5 – A new study is available for participation

Используя форму, представленную на Рисунке 6, эксперт указывает то, насколько, по его мнению, фактор 1 важнее, чем фактор 2, используя для этого шкалу оценки, взятую из исследования, описывающего использование метода гибридных оценок в задаче выбора объекта пилотного проекта [10]. Таким образом, эксперт заполняет своими ответами 4 матрицы попарных сравнений факторов SWOT-групп.

Рисунок 6 – Заполнение матриц попарных сравнений SWOT-факторов  
Figure 6 – Filling in the matrices of pairwise comparisons of SWOT factors

После прохождения экспертом данного этапа система производит все необходимые расчеты и формирует матрицы парных сравнений. Пример такой матрицы представлен в Таблице 3.

Таблица 3 – Матрица парных сравнений сильных сторон  
Table 3 – A matrix of paired comparisons of strengths

	Неэффективное управление проектом	Недостаточное финансирование	Плохо написанное ТЗ	<i>W</i>	<i>NW</i>	$\lambda$
Неэффективное управление проектом	1	1,2857	3	1,5682	0,4950	3,2331...
Недостаточное финансирование	0,7777	1	0,5555	0,7559	0,2386	3,2331...
Плохо написанное ТЗ	0,3333	1,8	1	0,8434	0,2662	3,2331...

На втором этапе исследования пользователь, используя форму, представленную на Рисунке 7, отвечает на вопросы о том, насколько, по его мнению, стратегические альтернативы важнее, чем факторы SWOT-групп. В нашем случае мы рассматриваем ситуацию, когда каждая стратегия предполагает опору на ту или иную группу факторов. То есть одна из стратегий предполагает большую опору на реализацию сильных сторон организации, другая – на минимизацию слабостей и т. д. Эксперт сравнивает стратегические альтернативы в зависимости от влияния на них тех или иных факторов и выявляет, насколько каждая из них более или менее важна для текущей ситуации, текущего состояния внутренней и внешней среды организации (или другого объекта исследования). Таким образом, эксперт заполняет своими ответами 4 матрицы попарных сравнений факторов SWOT-групп со стратегическими альтернативами. После прохождения экспертом данного этапа система производит все необходимые расчеты и

формирует матрицы парных сравнений стратегических альтернатив с факторами исследования. Пример такой матрицы представлен в Таблице 4.

Рисунок 7 – Заполнение матриц попарных сравнений SWOT-факторов со стратегическими альтернативами

Figure 7 – Filling out matrices of pairwise comparisons of SWOT factors with strategic alternatives

Таблица 4 – Матрица попарных сравнений сильных сторон с стратегическими альтернативами  
Table 4 – Matrix of pairwise comparisons of strengths with strategic alternatives

	Опытная команда	Автоматизации тестирования	Применение передовых технологий	$r$	$Rate_{Alt}$
MVC	3	1	0,5555	1,1558	0,3462
Client-Server	1	1	0,5555	1,4026	0,2334
Layered	1,8	1,8	1	0,7792	0,4202

На этом моменте участие эксперта в исследовании заканчивается. Завершив его, он может изучить результаты, отражающие то, какая стратегическая альтернатива является самой приоритетной, по мнению системы. Экран с результатами исследования продемонстрирован на Рисунке 8. В данном случае лучшим выбором архитектуры для разработки программного обеспечения является технология MVC. Она набрала более 67 % процентов.

## Результаты исследования

Ниже представлена таблица №1, в которой представлены стратегические альтернативы участвующие в данном исследовании:

Наименование стратегии
MVC
Client-Server
Layered

По итогам выставленных вами оценок наилучшей стратегической альтернативой была признана альтернатива под названием "MVC". Её рейтинг составляет: 67.101%.

Рисунок 8 – Экран результатов прохождения исследования  
Figure 8 – Screen of the results of the study

На заключительном этапе система рассчитывает итоговые значения рейтингов стратегических альтернатив. Результаты проведенного исследования продемонстрированы в Таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования для данного эксперта  
Table 5 – The results of the study for this expert

	MVC	Client-Server	Layered
Факторы сильных сторон	0,3462	0,2334	0,4202
Факторы слабых сторон	0,3058	0,3975	0,2966
Факторы возможностей	0,4977	0,3176	0,1846
Факторы угроз	0,6710	0,2233	0,1056

На основе приведенных данных можно сделать вывод о том, что наилучшей стратегической альтернативой по данным от этого эксперта является MVC, т. е. разработка программного обеспечения по архитектуре MVC.

### Заключение

Результатом данного исследования является выявление и документирование целесообразности и эффективности комбинированного использования SWOT-анализа и метода гибридных оценок по сравнению с уже хорошо известным в научных кругах подходом по комбинированию SWOT-анализа и метода анализа иерархий.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Dabbagh M., Lee S.P., Parizi R.M. Functional and non-functional requirements prioritization: empirical evaluation of IPA, AHP-based, and HAM-based approaches. *Soft Computing*. 2016;20(11):4497–4520. <https://doi.org/10.1007/s00500-015-1760-z>
2. Dabbagh M., Lee S.P., Parizi R.M. Application of Hybrid Assessment Method for Priority Assessment of Functional and Non-Functional Requirements. In: *2014 International Conference on Information Science & Applications (ICISA), 06-09 May 2014, Seoul, Korea (South)*. IEEE; 2014. pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICISA.2014.6847365>
3. Osuna E.E., Aranda A. Combining SWOT and AHP techniques for strategic planning. In: *ISAHP 2007: Proceedings of the 9th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 02-06 August 2007, Viña del Mar, Chile*. 2007. <https://doi.org/10.13033/isahp.y2007.012>
4. Sevkli M., Oztekin A., Uysal O., Torlak G., Turkyilmaz A., Delen D. Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. *Expert Systems with Applications*. 2012;39(1):14–24. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.047>
5. Yüksel İ., Dagdeviren M. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm. *Information Sciences*. 2007;177(16):3364–3382. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2007.01.001>
6. Makoviy K., Khitskova Yu. Complex interaction of AHP technique and SWOT – analysis for virtual desktop infrastructure (VDI). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1202. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1202/1/012029>

7. Маковий К.А., Ермаков С.А., Хицкова Ю.В. Использование технологии АНР в процессе внедрения VDI. *Теория и техника радиосвязи*. 2016;(1):107–111.  
Makovy K., Ermakov S., Hitskova Yu. Using AHP technology in the implementation of VDI. *Teoriya i tekhnika radiosvyazi*. 2016;(1):107–111. (In Russ.).
8. Маковий К.А., Хицкова Ю.В., Герус С.В. Использование метода гибридных оценок в области информационных технологий. *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2016;(1):120–124.  
Makoviy K.A., Hitskova Yu.V., Gerus S.V. The use of hybrid method in the field of information technology. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*. 2016;(1):120–124. (In Russ.).
9. Ribeiro R.A., Moreira A.M., Van den Broek P., Pimentel A. Hybrid Assessment Method for Software Engineering Decisions. *Decision Support Systems*. 2011;51(1):208–219.  
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.009>
10. Маковий К.А., Хицкова Ю.В., Проскурин Д.К. Использование метода анализа иерархий при выборе стратегических альтернатив внедрения инфраструктуры виртуальных рабочих столов в вузе. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2017;13(4):296–303. <https://doi.org/10.25559/SITITO.2017.4.344>  
Makoviy K.A., Hitskova Yu.V., Proskurin D.K. Analytical hierarchy process for the selection of strategic alternatives for introduction of infrastructure virtual desktop infrastructure in the university. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2017;13(4):296–303. (In Russ.). <https://doi.org/10.25559/SITITO.2017.4.344>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Маковий Катерина Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, доцент кафедры информационных систем Воронежского государственного университета, Воронеж, Российская Федерация.  
*e-mail*: [makkatya@mail.ru](mailto:makkatya@mail.ru)

**Katerina A. Makoviy**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management Systems and Information Technologies in Construction, Associate Professor of the Department of Information Systems of Voronezh State University, Voronezh, the Russian Federation.

**Ефимова Ольга Евгеньевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, доцент кафедры математических методов исследования операций Воронежского государственного университета, Воронеж, Российская Федерация.  
*e-mail*: [efimova\\_oe@mail.ru](mailto:efimova_oe@mail.ru)

**Olga E. Efimova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management Systems and Information Technologies in Construction, Associate Professor of the Department of Mathematical Methods of Operations Research of Voronezh State University, Voronezh, the Russian Federation.

**Хицкова Юлия Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве Воронежского государственного

**Yuliya V. Khitskova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management Systems and Information Technologies in Construction of

технического университета, Воронеж, Voronezh State Technical University,  
Российская Федерация. Voronezh, the Russian Federation.

*e-mail:* [prosvetovau@list.ru](mailto:prosvetovau@list.ru)

**Новиков Евсей Александрович**, бакалавр **Evsey A. Novikov**, Bachelor of the Department  
кафедры систем управления и of Management Systems and Information  
информационных технологий в строительстве Technologies in Construction of Voronezh  
Воронежского государственного технического State Technical University, Voronezh, the  
университета, Воронеж, Российская Russian Federation.  
Федерация.

*e-mail:* [daksi.email@yandex.ru](mailto:daksi.email@yandex.ru)

*Статья поступила в редакцию 11.06.2024; одобрена после рецензирования 20.06.2024;  
принята к публикации 11.07.2024.*

*The article was submitted 11.06.2024; approved after reviewing 20.06.2024;  
accepted for publication 11.07.2024.*