

Метод оптимизации выбора сервиса облачных вычислений на основе требований пользователей

А. С. Воложенин

Московский государственный строительный университет
129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация. Растущая популярность облачных вычислений и многообразие предоставляемых услуг делает выбор облачных сервисов нетривиальной задачей для потребителей. Важно определить лучший сервис облачных вычислений, который сможет удовлетворить требования пользователей. Цель статьи – представить один из методов поддержки принятия решений неспециалистам, используя опыт экспертов, применяющих сервисы модели вычислительного облака. Широкий спектр облачных сервисов затрудняет выбор из множества доступных вариантов. В статье предложено решение с использованием метода анализа иерархий для решения задачи выбора сервиса облачных решений. Проблема медленного внедрения облаков широко известна, практическое применение выбранного метода помогает справиться с проблемами выбора сервиса облачных решений. В рамках исследования были отобраны четыре поставщика облачных услуг и выполнена классификация в соответствии с семью критериями.

Ключевые слова: виртуализация, анализ иерархий, сервис виртуализации, технологии виртуализации, системы принятия решений, виртуальная машина, ИТ-среды, ИТ-инфраструктура, строительство, администрирование, эффективное управление, симметрия, оптимизация, алгоритм запроса

Поступила 04.09.2023, одобрена после рецензирования 07.09.2023, принята к публикации 21.09.2023

Для цитирования. Воложенин А. С. Метод оптимизации выбора сервиса облачных вычислений на основе требований пользователей // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 52–61. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-52-61

MSC: 68T27

Review article

A method for optimizing the choice of a cloud computing service based on user requirements

A.S. Volozhenin

Moscow State University of Civil Engineering
129337, Russia, Moscow, 26 Yaroslavskoe Shosse

Abstract. The growing popularity of cloud computing and the variety of services provided makes the choice of cloud services a non-trivial task for consumers. It is important to determine the best cloud computing service that can meet the requirements of users. The purpose of the article is to present one of the methods of decision support to non-specialists, with the help of experience of experts using the services of the computing cloud. A wide range of cloud services makes it difficult to choose from the many options available. The article offers

a solution using the hierarchy analysis method to solve the problem of choosing a cloud service. The problem of slow implementation of clouds is widely known, the practical application of the chosen method helps to cope with the problems of choosing a cloud solution service. As part of the study, four cloud service providers were selected, and classification was performed according to seven criteria.

Keywords: virtualization, hierarchy analysis, virtualization service, virtualization technologies, decision-making systems, virtual machine, IT environments, IT infrastructure, construction, administration, effective management, symmetry, optimization, query algorithm

Submitted 04.09.2023,

approved after reviewing 07.09.2023,

accepted for publication 21.09.2023

For citation. Volozhenin A.S. A method for optimizing the choice of a cloud computing service based on user requirements. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 5(115). Pp. 52–61. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-52-61

ВВЕДЕНИЕ

Модели обработки данных меняются с появлением новых технологий. Первоначальная централизация в крупных вычислительных центрах с появлением микрокомпьютеров уступила место небольшим локальным сетям. Разработка программного обеспечения потребовала дополнительных инвестиционных затрат, а так как ресурсы были приобретены в собственность, это повлекло за собой новые проблемы в управлении из-за того, что оборудование быстро устаревало. В результате чего потребовалось дальнейшее расширение, так как сложность систем возросла, и для их эксплуатации было нанято больше людей. Инфраструктура стала разрозненной, и, как ни парадоксально, возникла локальная нехватка ресурсов, хотя их сумма была даже избыточной.

Зачастую организации имеют дело как с дефицитом таких ресурсов, так и с избытком, поэтому популяризация Интернета и технологий виртуализации привела к появлению на рынке новой вычислительной модели – облачных вычислений, которая стала ответом на предыдущие проблемы. Закупки избыточного оборудования и его постоянная модернизация стали не нужны. Ресурсы могут быть сданы в аренду только в том объеме и на тот срок, на который они необходимы. Проблема упорядочивания и высвобождения ненужных элементов инфраструктуры исчезла. В результате также повысилась эффективность работы администраторов. Облака предоставляют гибкость (одновременный доступ к файлам), снижение затрат (организации платят только за те услуги, которые они используют), автоматическое обновление программного/аппаратного обеспечения, гибкость и масштабируемость среди преимуществ использования облачных вычислений в бизнесе. Крупные организации очень быстро заметили эти возможности и охотно ими пользуются, особенно если они нанимают своих программистов, которые ценят скорость и гибкость таких решений. Небольшие компании еще не научились использовать решения, которые могли бы снизить затраты на обслуживание инфраструктуры и повысить ее гибкость. Даже выбор поставщика услуг может стать для них проблемой. В исследованиях, посвященных влиянию облачных вычислений на небольшие компании, 45,5 % опрошенных предпринимателей указали фактор снижения затрат в качестве основной причины интеграции с облачными системами [9].

По данным исследования аналитической компании iKS-Consulting, объем российского рынка облачных сервисов в 2022 году также показывает рост и достигнет 86,6 млрд рублей, что на 41,6 % больше значения прошлого 2021 года [10]. Одной из областей, которые

используют современные технологии и динамично развиваются в России, является индустрия сервисных центров (аутсорсинг бизнес-процессов, Центр совместного обслуживания, аутсорсинг информационных технологий, исследования и разработки). За 2022 г. количество клиентов провайдера Yandex Cloud за первые шесть месяцев увеличилось в 1,5 раза и составило более 23 000. Малый бизнес гораздо менее развит. Такое неравномерное использование ресурсов подчеркивает важность проблемы. Статьи, подобные этой, необходимы, поскольку они могут помочь лицам, принимающим решения, определиться с выбором облака и указать критерии, которые следует учитывать. Цель этой статьи – показать пользователям облако, которое им выгодно, используя критерии, указанные экспертами. Статья состоит из обзора литературы, посвященной теме облачных вычислений и их текущему применению в Российской Федерации, затем описывается метод анализа иерархий, представлены использованные в исследовании данные и в конце полученные результаты. В выводах подчеркивается, когда исследование следует повторить в связи с изменением изучаемой среды.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Прародителей облачных вычислений следует искать во времена удаленного доступа к ресурсам и сервисам, предлагаемым в мэйнфреймовых системах еще в 1960-х годах [6]. Таким образом, облачные вычисления – это современная модель, но не новая. Облачные вычисления – развивающаяся парадигма. Для некоторых авторов облачные вычисления относятся к категории модных словечек современных ИТ, поскольку 50 лет назад мы имели дело с серверами с разделением времени. Представленная облачная модель состоит из пяти основных характеристик, трех моделей обслуживания и четырех моделей развертывания.

Основными характеристиками являются:

- самообслуживание по требованию,
- широкий доступ к сети,
- объединение ресурсов,
- быстрая эластичность,
- измеренное обслуживание.

Тремя моделями обслуживания являются:

- программное обеспечение как услуга,
- платформа как услуга,
- инфраструктура как услуга.

Модели развертывания следующие:

- частное облако,
- облако сообщества,
- общедоступное облако,
- гибридное облако.

Множество сервисов, разнообразие предложений, различные модели обслуживания и доставки, индивидуальные особенности каждого провайдера и даже проблемы с определением концепции облачных вычислений означают, что неспециалисты, обладающие как опытом, так и текущим пониманием, могут испытывать сомнения, связанные с необходимостью сделать выбор.

В связи с тем, что в последние годы были предложены услуги облачных вычислений, организации и частные лица сталкиваются с различными вызовами и задачами, такими как перенос приложений и программных платформ в облако и обеспечение безопасности перенесенных приложений [9].

Эпоха инноваций и конкуренции за компетентность и сбор больших данных привела к открытию неявного знания данных. Поставщики расширяют свои предложения, поэтому становится все труднее сравнивать их делать выбор. Особый интерес при этом должно представлять сокращение затрат и усилий за счет аутсорсинга и/или автоматизации управления ключевыми ресурсами. По мере продолжения цифровизации экономики растет спрос на анализ больших данных, а доступ к вычислительным мощностям является ключом к повышению конкурентоспособности. В своем исследовании мы хотели сосредоточиться на российском рынке и показать, что исследование было проведено и модель была создана на основе набора критериев, указанных нашими экспертами, работающими в конкретной среде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод анализа иерархий – это один из многокритериальных методов систем поддержки принятия решений, основанный на теории полезности, был предложен в семидесятых годах двадцатого века Томасом Л. Саати [1]. Он использует декомпозицию задачи принятия решения на критерии и на самом низком уровне иерархии варианты решения рассматриваемой задачи. Методика состоит из трех этапов: разложение задачи по иерархии критериев, попарное сравнение элементов на любом уровне. Использование сервисов облачных вычислений в России (2021 и 2022 годы) в разбивке по размеру предприятия и типу сервиса. Предложенной Саати так называемой фундаментальной шкалы сравнений представленной в таблице 1 [2].

Таблица 1. Фундаментальная шкала абсолютных чисел. Шкала попарного сравнения

Table 1. Fundamental scale of absolute numbers. Paired comparison scale

| Интенсивность | Степень важности | Пояснение |
|--|---|---|
| 0 | Несравнимая | Действия несравнимо способствуют достижению цели |
| 1 | Равная | Действия соизмеримо способствуют достижению цели |
| 3 | Низкая | Опыт и суждения слегка благоприятствуют одному виду действия перед другим |
| 5 | Средняя | Опыт и суждение сильно благоприятствуют одному виду действия перед другим |
| 7 | Высокая | Одному виду деятельности отдается очень сильное предпочтение перед другим |
| 9 | Безусловная | Один вид действия по сравнению с другим имеет наивысший порядок и относится к максимально возможной области утверждения |
| Обратные величины приведенных выше чисел | $1/2=0,500$, $1/3=0,333$, $1/4=0,250$, $1/5=0,200$, $1/6=0,1667$, $1/7=0,1428$, $1/8=0,125$, $1/9=0,1111$ | Если критерию присвоено одно из вышеуказанных ненулевых чисел при сравнении с критерием j , то j имеет обратное значение по сравнению с критерием i . |

Сравнения выполняются попарно, создавая квадратные матрицы сравнений ($n \times n$) $A = [a_{ij}]$, предполагая принцип, согласно которому значение оценки для менее важного

(менее предпочтительного) элемента является обратным оценке значения важного элемента по мнению лица, принимающего решение, т.е. для матрицы взаимосвязь удовлетворяется:

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \text{ и } a_{ij} = 1 \text{ для каждого } i, j, k=1, \dots, n. \quad (1)$$

Затем для каждой матрицы попарного сравнения вектор приоритета $w = (w_1, \dots, w_n)$, который рассчитывается по формуле

$$Aw = \lambda_{max}w, \text{ где } \lambda_{max} - \text{главное собственное значение } A. \quad (2)$$

На следующем шаге вычисляется индекс согласованности матрицы

$$S = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

и относительный коэффициент согласованности

$$Q = S/C, \quad (4)$$

где C – коэффициент случайной согласованности, он постоянен и зависит от числа критериев матрицы, как представлено в таблице 2 [2].

Таблица 2. Случайная согласованность

Table 2. Random consistency

| Число критериев | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Случайная согласованность (C) | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

ДАННЫЕ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ В ИССЛЕДОВАНИИ

Исследование проводилось с использованием метода анализа иерархий среди случайной группы специалистов, использующих общедоступные облака. Предпочтения специалистов не были географически ориентированы и к тому же стало сложнее поддерживать прямые личные контакты с сотрудниками центров обработки данных. Чтобы получить результаты наивысшего качества, вместо рассылки анкет автор собрал результаты во время виртуальной встречи с каждым респондентом. Ни один из респондентов не заявил в интервью о каких-либо отношениях с каким-либо поставщиком облачных услуг или о каком-либо другом конфликте интересов. Исследование рынка облачных вычислений в России показало корреляцию между доминирующим положением поставщиков услуг на данном рынке и размещением там их центров обработки данных. Исследование касалось выбора между поставщиками общедоступных публичных облаков. Все поставщики доступны в большинстве стран мира, их доступность на исследуемом рынке также очевидна. Только один из поставщиков был значительно менее известен, чем остальные, что было указано респондентами при заполнении таблиц. Список поставщиков, представленный респондентам в алфавитном порядке (варианты решений): Yandex Cloud, Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure.

Критерии отбора, представленные респондентам в случайном порядке:

1. **Экономия затрат:** это экономит деньги предприятий, поскольку им не нужно создавать собственную ИТ-инфраструктуру путем приобретения дорогостоящего оборудования.

2. **Гибкость:** облако предлагает предприятиям гибкость, предлагая услуги по требованию через настраиваемую панель управления, чтобы вы могли легко масштабировать свои ресурсы в соответствии с потребностями и бюджетом вашего бизнеса.

3. **Безопасность:** в облаке уделяется приоритетное внимание безопасности и предлагаются расширенные функции, такие как аутентификация, шифрование, управление доступом и т. д., чтобы обеспечить надежную безопасность облачных данных.

4. **Мобильность:** облако позволяет получить доступ к данным из любого места и в любое время, а также повышает производительность ваших сотрудников, гарантируя, что информация всегда доступна в пути.

5. **Совместная работа:** облако позволяет компаниям беспрепятственно общаться и безопасно обмениваться информацией с пользователями, чтобы они одновременно работали над одним и тем же документом.

6. **Аварийное восстановление:** облачная система хорошо оснащена, чтобы противостоять непредвиденным событиям, внедрены надежные услуги резервного копирования и восстановления данных для обеспечения непрерывности бизнеса.

7. **Автоматические обновления:** поскольку задачи обновления программного обеспечения вручную являются утомительным и трудоемким процессом, регулярно обновляет системы, чтобы предоставить предприятиям новейшее программное обеспечение и повышенную вычислительную мощность.

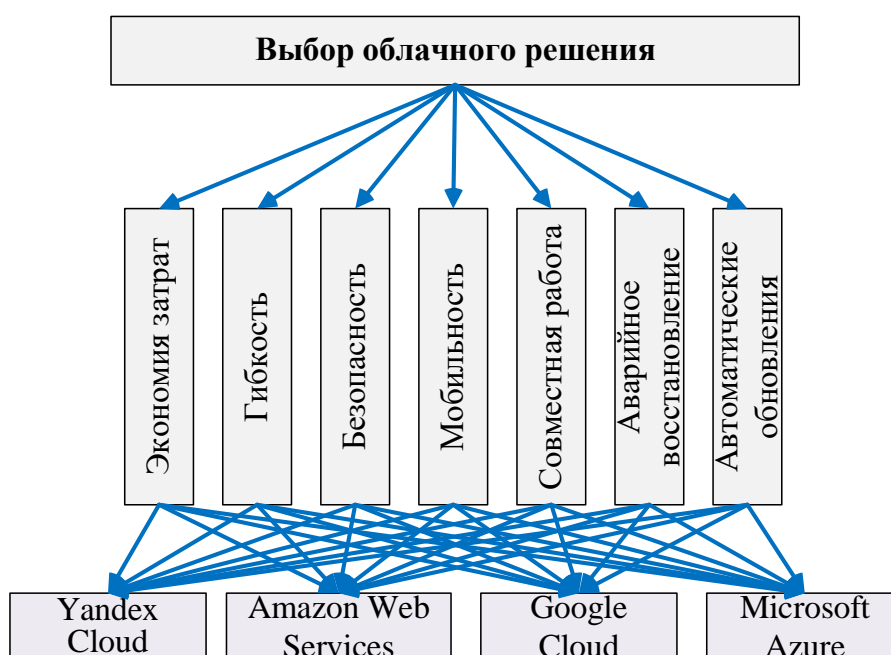


Рис. 1. Критерии и варианты отбора, представленные респондентам

Fig. 1. Selection and options criteria presented to respondents

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в форме совместного заполнения подготовленных форм в формате Excel. В случае возникновения сомнений у респондентов были предоставлены разъяснения. На первом этапе каждый респондент определял свои субъективные предпочтения, сравнивая каждый из 7 критериев с другими и по каждому критерию позиционируя каждого поставщика по отношению к другим. Для полученных матриц был вычислен вектор предпочтений и определены коэффициенты S и Q . Было подтверждено условие $Q < 0,1$. Затем частичные оценки были обобщены. Полученные масштабные векторы и веса основных критериев были использованы для расчета вектора предпочтений, на основе которого произведена классификация отдельных поставщиков. Векторы предпочтений, созданные таким образом для каждого из респондентов в отдельности, затем были агрегированы с использованием среднего геометрического значения, и на этой основе вычислено результирующее значение, являющееся результирующей предпочтений всех респондентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперимент – попытка экспертов определить рейтинг поставщиков общедоступных облачных сервисов на основе выбранных критериев: экономия затрат, гибкость, безопасность, мобильность, аварийное восстановление, автоматические обновления. Наиболее важными критериями, принимаемыми во внимание респондентами, являются безопасность и аварийное восстановление, тогда как наименее важный критерий – автоматические обновления (рис. 2).

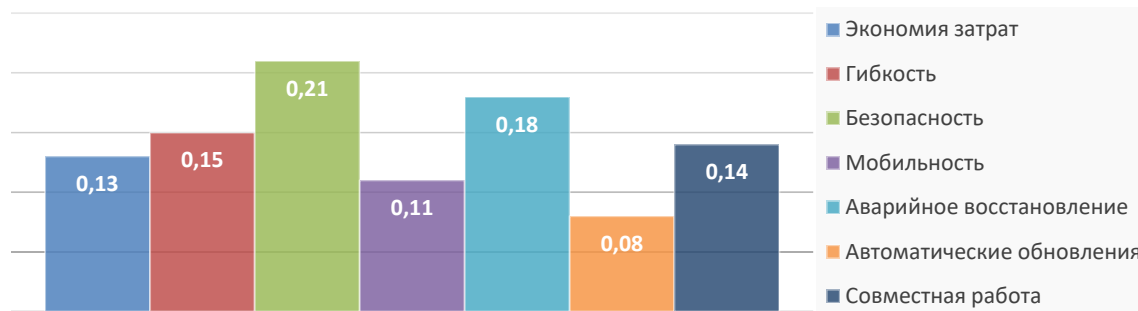


Рис. 2. Критерии выбора облачных решений, отраженные респондентами

Fig. 2. Criteria for choosing cloud solutions, reflected by respondents

Результаты эксперимента в виде ранжирования поставщиков могут быть представлены двумя способами: первый – использование средних баллов по всем критериям, второй – по выбранным критериям. В итоге были выбраны два критерия, которые чаще всего указывались респондентами: безопасность и аварийное восстановление. Также возможно построить модель, основанную на весах, используя любой набор критериев, указанных лицами, принимающими решения, в данном случае были указаны два вышеупомянутых метода.

Эти два метода представления результатов позволяют сделать выводы относительно восприятия поставщиков в глобальном масштабе и через призму выбранных критериев. Благодаря такому представлению можно выбрать те функции, которые важны для лица, принимающего решение. Безопасность – это основной параметр, который следует принимать во внимание, и на это указывали эксперты в ходе исследования. Конечно, глобальный рейтинг является эталоном, но между ним и результатами, основанными на выбранных критериях, были некоторые различия. В результате исследования совокупная классификация поставщиков, составленная экспертами, выглядит следующим образом (рис. 3):

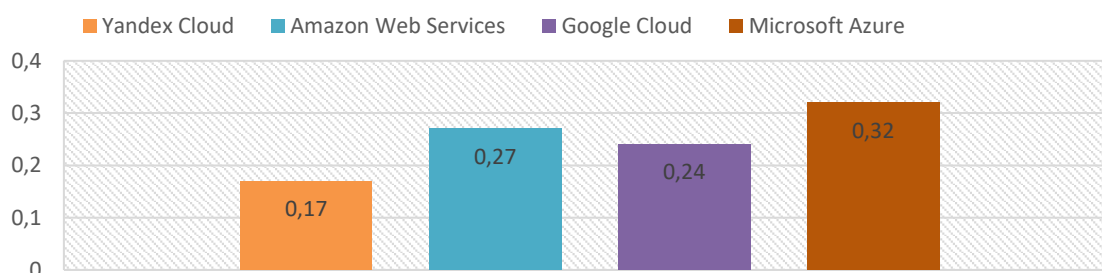


Рис. 3. Ранжирование облачных решений респондентами

Fig. 3. Ranking of cloud solutions by respondents

Результаты выглядят несколько иначе, если мы примем во внимание два ведущих критерия: безопасность и аварийное восстановление (рис. 4).

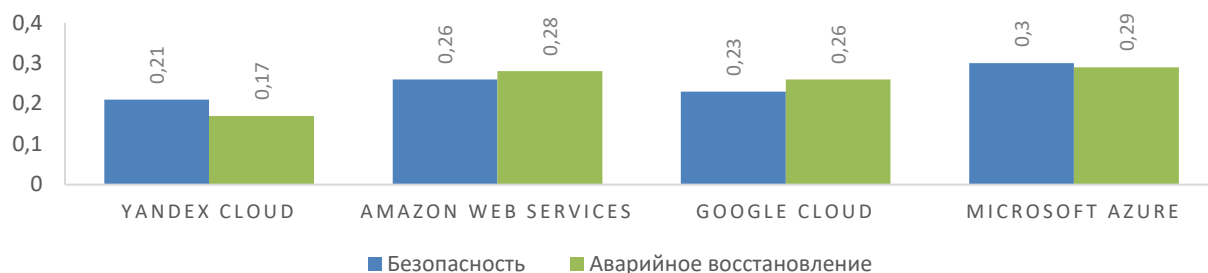


Рис. 4. Ранжирование облачных решений респондентами

Fig. 4. Ranking of cloud solutions by respondents

Лидерство (Microsoft Azure и Amazon AWS) может быть связано с восприятием бренда и знаниями о нем. Google Cloud и Yandex Cloud ценятся меньше, но ассоциируются с высокотехнологичными софт-гигантами, отсюда и высокая позиция по перспективе доверия. Высокое положение Microsoft Azure может быть связано с широким распространением знаний о программном обеспечении компании, что отражено в показаниях респондентов, участвовавших в эксперименте. Yandex Cloud является худшим в списке, что является результатом недостаточной осведомленности об этом решении, заявленной респондентами при заполнении форм. Переход к модели облачных сервисов – это возможность, особенно для малых и средних компаний, выйти на новые рынки без капитальных затрат. Наблюдаемое неравномерное использование возможностей облачных решений указывает на необходимость дальнейших исследований по этой теме. Ключевыми моментами являются повышение доверия к облачным средам и обучение использованию современных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье был использован метод анализа иерархий для решения задачи выбора сервиса облачных вычислений. Проблема медленного внедрения облаков широко известна, практическое применение выбранного метода помогает справиться с проблемами выбора сервиса облачных решений. Это предварительные исследования, поэтому трудно предсказать, в какой степени они могут быть применены на практике, но этот интересный вопрос не был предметом исследования, поэтому в статье он не рассматривался. Была определена потенциальная целевая группа, которая может быть заинтересована в использовании результатов на практике. Результаты этого исследования не являются единственными критериями для поддержки решений о выборе поставщика, но могут быть полезны при разработке аналогичных инструментов для поддержки лиц, принимающих решения, неспециалистов в той области, в которой они принимают решения. В ходе опроса респонденты признались, что их предпочтения меняются с течением времени. Для детализации выбора сервиса облачных вычислений необходимо протестировать большее количество экспертов, используя большее количество критериев. Благодаря этому можно сформировать более широкую базу предпочтений, а затем самостоятельно выбрать наиболее важные критерии для лиц, принимающих решения, чтобы они могли строить индивидуальные модели без учета менее важных критериев. Проблема с выбором сервиса облачных вычислений в основном касается небольших организаций, в которых не работают эксперты, поэтому такие статьи важны еще и потому, что результаты эксперимента можно применить на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993.
2. Степаненко Н. В., Алексеева Т. В., Губина Л. В. Применение метода анализа иерархий в выборе способа автоматизации компании // Прикладная информатика. 2018. № 6(78). С. 5–14.
3. Харитонов С. В., Улитина Е. В., Дик В. В. Применение метода анализа иерархий при согласовании результатов оценки // Прикладная информатика. 2012. № 6(42). С. 108–113.
4. Moscoso-Zea O., Saa P., Paredes-Gualtor J. et al. Moving the IT Infrastructure to the Cloud // Enfoque UTE, 2018. № 9(1). Pp. 79–89. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.219>
5. Воложенин А. С., Гинзбург А. В., Фаертаг Т. А. Применение технологий виртуализации в строительных IT-инфраструктурах // Экономика и предпринимательство. 2016. № 10–3(75–3). С. 549–552.
6. Карр Н. Дж. Великий переход. Революция облачных технологий. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2013.
7. Вермишев Ю. Х. Методы автоматического поиска решений при проектировании сложных технических систем. Москва: Радио и связь, 1982. 152 с.
8. Кулакова А. О., Максимова Т. Г. Использование метода анализа иерархий для обоснования выбора сценария развития проекта // Инновации. 2019. № 2. С. 42–48.
9. Алексанян Г. А., Ордынская Ю. А. Облачные сервисы для малого бизнеса // Экономика и социум. 2014. № 2(11). С. 996–1002.
10. Мирин С. Российский рынок облачных инфраструктурных сервисов 2022 [Электронный ресурс] // iKS-Consulting – международное консалтинговое агентство. <http://www.iksconsulting.ru>: [сайт]. URL: <http://survey.iksconsulting.ru/page32257739.html> (дата обращения: 01.08.2023)

REFERENCES

1. Saati T.L. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Decision-making. Method of hierarchy analysis]. Moscow: Radio i svyaz', 1993. (In Russian)
2. Stepanenko N.V., Alekseeva T.V., Gubina L.V. Application of the hierarchy analysis method in the choice of a company automation method. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics]. 2018. No. 6(78). Pp. 5–14. (In Russian)
3. Kharitonov S.V., Ulitina E.V., Dik V.V. Application of the hierarchy analysis method in the agreement of evaluation results. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics]. 2012. No. 6(42). Pp. 108–113. (In Russian)
4. Moscoso-Zea O., Saa P., Paredes-Gualtor J. et al. Moving the IT Infrastructure to the Cloud. *Enfoque UTE*, 2018. № 9(1). Pp. 79–89. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.219>
5. Volozhenin A.S., Ginzburg A.V., Faertag T.A. Application of virtualization technologies in construction IT infrastructures. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and entrepreneurship]. 2016. No. 10-3(75-3). Pp. 549–552. (In Russian)
6. Carr N.G. *Velikiy perekhod. Revolyutsiya oblachnykh tekhnologiy* [The Great Transition. The Revolution of cloud technologies]. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. (In Russian)
7. Vermishev Yu.Kh. *Metody avtomaticheskogo poiska resheniy pri proyektirovanii slozhnykh tekhnicheskikh sistem* [Methods of automatic search for solutions in the design of complex technical systems]. Moscow: Radio i svyaz', 1982. 152 p. (In Russian)

8. Kulakova A.O., Maksimova T.G. Using the hierarchy analysis method to justify the choice of a project development scenario. *Innovatsii* [Innovation]. 2019. No. 2. Pp. 42–48. (In Russian)
9. Aleksanyan G.A., Ordynskaya Yu.A. Cloud services for small business. *Ekonomika i sotsium* [Economics and Society]. 2014. No. 2(11). Pp. 996–1002. (In Russian)
10. Mirin S. Russian market of cloud infrastructure services 2022 [Electronic resource]. *iKS-Consulting – mezhdunarodnoye konsaltingovoye agentstvo* [iKS-Consulting – international consulting agency]. <http://www.iksconsulting.ru>: [website]. URL: <http://survey.iksconsulting.ru/page32257739.html> (accessed: 01.08.2023)

Информация об авторе

Александр Сергеевич Воложенин, аспирант, Московский государственный строительный университет;
129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26;
niu.mgsu@yandex.ru

Information about the author

Alexander Sergeevich Volozhenin, postgraduate student, Moscow State University of Civil Engineering;
129337, Russia, Moscow, 26 Yaroslavskoe Shosse;
niu.mgsu@yandex.ru