

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 620.9:658.30

ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В.А. ВИШНЯКОВ

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220600, Беларусь*

Поступила в редакцию 25 января 2022

В статье приведен анализ четырех облачных платформ моделирования сети Интернета вещей (IoT), занимающих большой объем рынка. Рассмотрен процесс выбора облачной платформы в зависимости от экспертных требований к сети IoT. Рассмотрен пример выбора подходящей платформы по четырем показателям на основе метода анализа иерархий.

Ключевые слова: сеть Интернет вещей, моделирование, облачные платформы, оптимизация, метод анализа иерархий.

Введение. Интернет вещей (IoT) – это совокупность встроенных систем, сетей беспроводных датчиков, систем управления и средств автоматизации обработки информации, получаемой от сенсоров. Для автоматизации создания систем IoT ведущие мировые компании разработали средства проектирования и моделирования в виде облачных платформ IoT [1]. Анализ таких платформ и алгоритм создания примера сети приведен в [2]. Для моделирования сети IoT можно использовать различные облачные платформы. Существует множество платформ интернета вещей, каждая из которых способна предоставлять конкретные услуги для таких приложений. Однако поиск наилучшего соответствия между приложением и платформой является сложной задачей, поскольку может быть трудно понять последствия небольших различий между платформами. В данной работе рассмотрен выбор такой платформы с использованием метода оптимизации.

Основные облачные платформы IoT. Рассмотрим некоторые из наиболее известных платформ по большей доле рынка в соответствии с основными функциями и возможностями с целью выбора оптимального варианта, исходя из требуемых условий.

Платформа Amazon Web Services (AWS). Она была запущена в 2006 году и является ведущей платформой с долей рынка 33 % в 2018 году [3]. Эта платформа IoT упростит разработчикам подключение датчиков для различных приложений – от автомобилей до турбин и лампочек умного дома [4]. Основными функциями платформы AWS IoT являются реестр для распознавания устройств; комплект разработки программного обеспечения для устройств; тени устройств; безопасный шлюз устройств; механизм правил оценки входящих сообщений [6].

Платформа IBM Watson IoT. Она занимала долю рынка 18 % в 2018 году и обеспечивает подключение, анализ, управление устройствами и управление информацией [3]. На этой платформе можно попробовать выполнить примеры приложений, чтобы получить представление о том, как это работает. Можно хранить свои данные в течение определенного периода времени, чтобы получать развернутую во времени информацию с подключенных устройств. IBM Watson предлагает некоторые возможности безопасности, основанные на машинном обучении и науке о данных [5]. Пользователи IBM Watson получают доступ к управлению устройствами; защищенную связь; обмен данными в реальном времени; хранение данных; службу датчиков данных и метеорологических данных [4].

Платформа Microsoft Azure. Была запущена в 2010 году и в 2018 году занимала долю рынка 24 % [3]. Представители Microsoft имеют облачные хранилища, машинное обучение, IoT-сервисы и даже разработали собственную операционную систему для IoT-устройств [5]. Основными функциями платформы Azure IoT являются затенение устройств; механизм правил; реестр удостоверений; мониторинг информации [6, 7].

Google Cloud IoT (GCP). Была запущена в 2008 году с долей рынка 12 % в 2018 году [3]. GCP использует облачные и облачные вычисления. Он предлагает анализ данных и машинное обучение, используя карты Google для отслеживания местоположения активов.

Многокритериальный подход к выбору платформы IoT. Оценка и выбор рациональной платформы IoT – достаточно сложный процесс по многим причинам, в том числе: многофакторность оценки при выборе платформы; сложность предварительного рассмотрения всех возможных этапов принятия решений; недостаточная осведомленность об особенностях развития современных информационных технологий и рынка услуг IoT; недостаточная техническая и материальная база и т. д.

В большинстве случаев выбор IoT-платформы для разработки IoT-систем сводится к сравнительному анализу их возможностей и учету ценовой политики на услуги, предоставляемые разработчиками собственных IoT-платформ. Кроме того, разработчики IoT часто отдают предпочтение известным IoT-платформам, не учитывая критерии (факторы), которые в будущем могут повлиять на разработку, обслуживание, обновление, надежность, безопасность и масштабирование разрабатываемых IoT-систем [6].

В работе [4] отмечено, что при выборе платформы IoT следует учитывать следующие особенности и особенности платформ: ориентацию на гибридную прикладную среду; возможность получения данных и подготовки их к анализу; заявление владельца облачной инфраструктуры; надежность и безопасность данных; периферийную обработку и контроль данных. Один из подходов к выбору платформы Интернета вещей основан на определении эталонной архитектуры платформы, включающей в себя преимущества и возможности существующих современных платформ Интернета вещей [6]. Затем проводится сравнительный анализ выбранных платформ с эталонной и определяется лучшая IoT-платформа.

В настоящее время известно несколько методов экспертной оценки и выбора платформ IoT [8], в частности, метод аналитической иерархии (МАИ), метод Delphi и методы принятия решений на основе нечетких множеств и нечеткой логики [9].

Согласно различным исследованиям рассмотрим использование следующих важных (основных) критериев при выборе платформы IoT [10]: уровень безопасности и надежности (Q_1); аналитика данных (Q_2); протоколы сбора данных (Q_3); средства визуализации (Q_4).

Используем метод анализа иерархий для оптимизации выбора облачной платформы. Алгоритм МАИ включает в себя шаги [11]:

1. Выделение проблемы и формулирование цели.
2. Определение основных критериев и альтернатив.
3. Построение иерархии: от цели через критерии к альтернативам.
4. Построение матрицы попарных сравнений критериев с целью выбора альтернатив по критериям.
5. Применение метода анализа полученных матриц.
6. Определение весов альтернатив в соответствии с системой иерархии.

Важность различных вариантов систем (на уровне 3) и различные показатели качества (на уровне 2) сравниваются попарно. Результаты парных сравнений элементов сводятся к матричной форме:

$$A = \| a_{ij} \|, \quad (1)$$

где $a = w_i / w_j$ – оценки парных сравнений элементов выбора w_i и w_j .

Диагональ этой матрицы заполняется единичными значениями, а элементы матрицы, лежащие ниже диагонали, заполняются обратными значениями, например, для значения 2 будет $1/2$, для значения 3 – $1/3$ и т. д.

Компоненты главного собственного вектора P_j (локальных векторов) матрицы парных сравнений (1) показателей качества вычисляются как корень n -й степени из среднего

геометрического значения в строке матрицы парных сравнений V_j , деленные на сумму средних геометрических S по формулам 2–4:

$$V_j = n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_{ij}}, j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$p_j = \frac{V_j}{S}, j = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$S = \sum_{j=1}^n V_j. \quad (4)$$

Аналогично находятся оценки матриц парных сравнений для вариантов системы на уровне 3 в отдельности по отношению к каждому показателю качества системы. На основе этих матриц вычисляются компоненты соответствующих локальных собственных векторов приоритетов показателей качества Q_{ij} по отношению к отдельным показателям качества систем.

С использованием полученных данных вычисляются значения компонент вектора глобальных приоритетов C_i согласно формуле:

$$C_i = \sum_{j=1}^n P_j Q_{ij}, i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

где P_j – локальные приоритеты альтернатив; Q_{ij} – локальные оценки важности показателей.

По максимальному значению компонент вектора глобальных приоритетов (5) выбирается соответствующий предпочтительный вариант системы.

Пример выбора платформы ИВ. Для сравнительного анализа возьмем четыре вышеописанных платформы IoT [3]: Amazon Web Services (AWS), IBM Watson (IBM), Microsoft Azure (MSA), Google Cloud IoT (GCP).

Показатели качества облачных платформ носят конкурирующий характер. Для выбора предпочтительного варианта платформы необходимо применять методы многокритериальной оптимизации. В табл. 1 приведены начальные значения показателей качества для 4-х различных показателей качества платформ: Q_1 (надежность и безопасность), Q_2 (аналитика данных); Q_3 (протоколы сбора данных), Q_4 (средства визуализации), используя исследования в работе [12].

Таблица 1

Значения основных показателей качества для видов облачных платформ IoT

Показатели качества / виды платформ	AWS	MSA	IBM	GCP
Q_1 (надежность и безопасность)	TLS, Sig V4, X.50	SSL/TSL	SSL/TSL	TSL, SSO
Q_2 (аналитика данных)	Real Time analytics (Rule engine, Kinesis, AWS Lambda)	Real Time analytics	Real Time analytics (IBM IoT Real time insights)	Real Time analytics (Cloud IoT Core)
Q_3 (протоколы)	MQTT, HTTPS	MQTT, HTTPS, AMQP	MQTT, HTTPS	MQTT
Q_4 (средства визуализации)	AWS IoT dash board, web portal	web portal	web portal	Google data studio (Dashboard)

В табл. 2 дана матрица парных сравнений показателей качества платформ на основе экспертных оценок [12]. Далее рассчитаны оценки составляющих основного собственного

вектора и локальных векторов приоритетов показателей качества (важности показателей). В результате обработки вычисляются основные собственные векторы V_j и векторы приоритетов P_j по формулам (2–4).

Таблица 2

Матрица парных сравнений показателей качества, оценки компонент главного собственного вектора и вектора приоритетов показателей качества для платформ ИВ

	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	V_j	P_j
Q_1	1	1/2	2	1/2	0,841	0,188
Q_2	2	1	3	1	1,57	0,351
Q_3	1/2	1/3	1	1/3	0,487	0,109
Q_4	2	1	3	1	1,57	0,351

В табл. 3–6 приведены матрицы парных сравнений 4-х платформ по отношению к показателям качества: надежность и безопасность, аналитика данных, протоколы сбора данных, средства визуализации. Приведены вычисленные компоненты соответствующих локальных собственных векторов и векторов приоритетов согласно формулам (2–4).

Таблица 3

Матрица парных сравнений вариантов платформ ($N_1 - N_4$) по отношению к показателю надежности и безопасности

	N_1	N_2	N_3	N_4	V_1	Q_{1j} показателю
N_1	1	3	3	2	2,06	0,488
N_2	1/3	1	1	2	0,905	0,214
N_3	1/3	1	1	2	0,905	0,214
N_4	1/2	1/2	1/2	1	0,354	0,084

Таблица 4

Матрица парных сравнений вариантов платформ по отношению к показателю аналитики данных

	N_1	N_2	N_3	N_4	V_2	Q_{2j}
N_1	1	4	2	3	2,213	0,459
N_2	1/4	1	1/2	1/3	0,453	0,094
N_3	1/2	3	1	2	1,316	0,273
N_4	1/3	3	1/2	1	0,841	0,19

Таблица 5

Матрица парных сравнений вариантов платформ по отношению к показателю протоколы передачи

	N_1	N_2	N_3	N_4	V_3	Q_{3j}
N_1	1	1/2	1	4	1,189	0,26
N_2	2	1	2	3	1,861	0,408
N_3	1	1/2	1	3	1,107	0,242
N_4	1/4	1/3	1/3	1	0,409	0,09

Таблица 6

Матрица парных сравнений вариантов платформ по отношению к показателю средства визуализации

	N_1	N_2	N_3	N_4	V_4	Q_{4j}
N_1	1	3	3	2	2,06	0,455
N_2	1/3	1	1	1/2	0,64	0,141
N_3	1/3	1	1	1/2	0,64	0,141
N_4	1/2	2	2	1	1,189	0,263

В табл. 7 приведены результаты вычисления главного вектора глобальных приоритетов вариантов платформ по формуле (5). Максимальное значение глобального вектора равно 0,572, для платформы N_1 , на втором месте платформа N_3 , ее глобальный вектор 0,211.

Таблица 7

Результаты вычисления вектора глобальных приоритетов

Варианты платформ	Q_{1j}	Q_{2j}	Q_{3j}	Q_{4j}	C_i
N_1	0,488	0,459	0,26	0,455	0,572
N_2	0,214	0,094	0,408	0,141	0,166
N_3	0,214	0,273	0,242	0,141	0,211
N_4	0,084	0,19	0,09	0,263	0,185
P_j	0,188	0,351	0,109	0,351	

Анализируя результаты заключаем, что предпочтительным вариантом облачной платформы является вариант N_1 . Это платформа AWS, занимающая 33 % мирового рынка облачных платформ для построения и моделирования сетей ИВ. Данные результаты могут быть использованы для моделирования сети ИВ, рассмотренной в работе [13].

Заключение. Описаны четыре облачные платформы для создания и моделирования сетей ИВ, занимающие 87 % мирового рынка. Представлен анализ отдельных методов оптимизации для создания сетей ИВ. Приведен алгоритм метода анализа иерархий, относящегося к экспертным. Приведен пример выбора облачной платформы ИВ с использованием МАИ, в котором рекомендована платформа IoT AWS, занимающая 33 % мирового рынка облачных платформ.

CHOOSING A PLATFORM FOR THE INTERNET OF THINGS

U.A. VISHNYAKOU

The article provides an analysis of four cloud platforms for modeling the Internet of Things (IoT) network, occupying a larger market volume. The process of choosing a cloud platform depending on the expert requirements for the IoT network is considered. An example of choosing a suitable platform based on four indicators and on the hierarchy analysis method is considered.

Список литературы

1. IoT платформы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IoT-платформы>. – Дата доступа : 21.12.2021.
2. Вишняков, В. А. Платформы для разработки сетей интернета вещей / В. А. Вишняков // Вестник связи. – 2021. – № 2. – С. 62–65.
3. Cloud Growth Rate Increased Again in Q1; Amazon Maintains Market Share Dominance – Synergy Research Group 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.srgresearch.com/articles/cloud-growth-rate-increased-again-q1-amazon-maintains-market-share-dominance>. – Дата доступа : 21.01.2022.
4. Keramidas, G. Components and Services for IoT Platforms / G. Keramidas, N. Voros, M. Hubner. – Cham : Springer, 2017. – 383 p.
5. Guth, J. Comparison of IoT platform architectures: A field study based on a reference architecture / J. Guth [et al.] // Cloudification of the Internet of Things (CIoT). – November 2016. – P. 72–77.
6. Kondratenko, Y. Multi-criteria Decision Making and Soft Computing for the Selection of Specialized IoT Platform / Y. Kondratenko, G. Kondratenko, I. Sidenko // Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information. ICDSIAI 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 836, – P. 71–80.
7. Kondratenko, Y. Multi-criteria decision making for selecting a rational IoT platform /

Y. Kondratenko, G. Kondratenko, I. Sidenko // IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). – May, 2018. – P. 147–152.

8. Kecskemeti, G. Modelling and Simulation Challenges in Internet of Things / G. Kecskemeti [et al.] // IEEE Cloud Computing. – 2017. – Vol. 4. – № 1. – P. 62–69.

9. Piegat, A. Fuzzy Modeling and Control / A. Piegat. – Heidelberg : Springer, 2001. – 728 p.

10. Silva, R. Symbiotic resources sharing IoT platform in the smart cities context / R. Silva, J. Sa. Silva, F. Boavida // IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP). – April, 2015. – P. 192–197.

11. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 2003. – 320 с.

12. Ullah, M. Highlighting the Key Factors of an IoT Platform / M. Ullah, K. Smolander // 42nd Intern. Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). – 2019. – P. 901–906.

13. Вишняков, В. А. Модель множественного доступа к учебной сети интернета вещей / В. А. Вишняков, К. А. Радкевич // Проблемы инфокоммуникаций. – 2021. – № 1. – С. 22–27.