

К вопросу о выборе платформы распределенного реестра при проектировании информационных систем финансового сектора экономики

В.А. Евсин, С.Н. Широбокова, С.П. Воробьев, В.А. Евсина

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск*

Аннотация: В настоящей работе описан вопрос выбора платформы распределенного реестра при проектировании информационных систем финансового сектора экономики. Актуальность данных исследований обуславливается все возрастающим ростом спроса на информационные системы финансового сектора экономики, сформированные с использованием технологии распределенного реестра. Рост заинтересованности данной технологией связан с необходимостью обеспечения надежного хранения информации, изменение которой будет отслеживаться участниками данной транзакции. Целью данной работы является определение наиболее подходящей платформы с использованием метода анализа иерархий. В ходе выполнения работы были выявлены основные платформы распределенного реестра, а также определены ключевые критерии данных фреймворков с учетом требований участников бизнес-процессов. Данные критерии были подвергнуты оценке. Для каждой матрицы оценки альтернатив по отдельным критериям были определены показатели вектора максимального собственного значения, а также доказана согласованность суждения, включая определение индекса согласованности, индекса локального приоритета и отношения согласованности. Проведен синтетический анализ рассматриваемых критериев. На основе полученных в ходе синтетического анализа данных проведен выбор наиболее перспективной платформы. Сформированы выводы по оцениваемым системам.

Ключевые слова: распределенный реестр, метод анализа иерархий, системный анализ, информационные системы, информатика.

Введение

В настоящее время все большее значение приобретают системы, хранение данных в которых является как надежным, что предполагает минимизацию вероятности потери данных, так и доверенным, что предполагает минимизацию вероятности изменения данных без уведомления действительных участников транзакции. Высокая степень надежности хранения и доверенности данных может быть достигнута с использованием технологии распределенного реестра. Данная технология позволяет реплицировать данные и организовывать связность транзакций [1,2], что, в свою очередь, позволяет естественным образом минимизировать вероятность

подделки или утраты информации. Более подробно механизмы распределенных реестров описаны в работе [3].

Методы определения перспективной платформы

Среди множества методов принятия решений определения перспективной альтернативы был выбран метод анализа иерархий. Данный метод предполагает системный подход к процессу принятия решения по выбору наиболее перспективной альтернативы. Подробнее о методе можно прочесть в источниках [4-6].

Анализ альтернатив

Среди платформ распределенного реестра можно выделить следующие:

1. Aggregion: представляет собой платежную платформу для заключения сделок, в качестве алгоритма консенсуса используется модель Ripple, подробнее о которой в [7].

2. HyperLedger: представляет собой блокчейн-платформу общего назначения, в которой используется многоролевая модель, в качестве алгоритма консенсуса используется модель Proof-of-Elapsed-Time, подробнее о которой в [8].

3. Eхonum: представляет собой блокчейн-платформу для хранения различной информации без смарт-контрактов, в качестве алгоритма консенсуса выступает вариация Practical Byzantine Fault Tolerance, подробнее о которой в [9].

4. Corda: представляет собой распределенный реестр для обмена сообщений для технической и юридической фиксации фактов в децентрализованной системе, в качестве алгоритма консенсуса используется алгоритм RAFT, а также BFT, подробнее в [10].

5. Ripple: представляет собой платформу для совершения финансовых операций, в качестве алгоритма консенсуса используется Ripple Protocol consensus algorithm, подробнее в [11].

6. Ethertium: представляет собой платформу для разработки публичных блокчейн-решений, в качестве алгоритма консенсуса используется модель Proof-of-Stake, подробнее о которой в [12].

Сводная таблица рассмотренных платформ представлена в таблице 1.

Таблица № 1

Платформы разработки распределенного реестра

Обозначение	Наименование	Откуда взята информация
Z1	Aggregation	aggregation.com/
Z2	Hyperledger	hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest
Z3	Exonum	exonum.com/doc/version/latest/
Z4	Corda	docs.corda.net
Z5	Ripple	ripplestutorials.com/
Z6	Ethereum	ethereum.org/dao

Критерии оценки альтернатив представлены в таблице 2.

Таблица № 2

Критерии оценки альтернатив

Обозначение	Наименование	Тип критерия
A1	Скорость обработки транзакций	Числовой
A2	Решение проблемы двойного расходования	Категориальный
A3	Наличие защищенного канала связи	Категориальный
A4	Поддержка выпуска токенов криптовалюты	Категориальный
A5	Сложность разработки	Категориальный
A6	Масштабирование	Категориальный
A7	Поддержка сложных моделей ЭДО	Категориальный

Матрица попарного сравнения критериев была составлена с учетом экспертных оценок (таблица 3).

Таблица № 3

Матрица попарного сравнения критериев

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	1	5	1	3	5	3	2
A2	0.2	1	0.33	1	2	2	1
A3	1	1	1	2	5	3	2
A4	0.33	1	0.5	1	5	2	3
A5	0.2	0.5	0.2	0.2	1	0.33	0.5
A6	0.33	0.5	0.33	0.5	1	1	1
A7	0.5	1	0.5	0.33	1	1	1

Согласованность суждения оценивается индексом однородности (индексом согласованности) или отношением однородности (отношением согласованности), в соответствии со следующими формулами:

$$UC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$
$$OC = \frac{UC}{M(uc)}$$

где UC – индекс согласованности, λ_{\max} – индекс локального приоритета, n – количество элементов, OC – отношение согласованности, $M(uc)$ – среднее значение индекса однородности случайным образом составленной матрицы парных сравнений, которое основано на экспериментальных данных, таблицу распределения значений которого можно узнать в [6], $M(uc) = 1.32$ при $n = 7$, $M(uc) = 1.24$ при $n = 6$. Индекс локального приоритета имеет следующую форму для расчета: $\lambda_{\max} = E^T A W$, где E – вектор единиц, A – матрица оценки, W – значение главного собственного вектора. В качестве допустимого используется значение $UC \leq 0.1$, данный тезис объяснен в [6].

Для определения иерархического синтеза необходимо определить векторы приоритетов W_i относительно последнего уровня иерархии, в связи с чем следует построить матрицы попарных сравнений E и вычислить в каждой матрице максимальные собственные значения и главные собственные векторы.

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 3 имеет следующую форму: $W_{sk}^T = (20; 7.2; 15; 12.83; 2.1; 4.667; 5.33)$. Сумма элементов вектора W_{sk} равна: $Sk = 20 + 7.2 + 15 + 12.83 + 2.1 + 4.667 + 5.33 = 67.133$.

Нормализуя вектор W_{sk} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_k^T = (0.298; 0.107; 0.223; 0.191; 0.0313; 0.0695; 0.0794)$, тогда максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^k = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 5 & 1 & 3 & 5 & 3 & 2 \\ 0.2 & 1 & 0.33 & 1 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 5 & 3 & 2 \\ 0.33 & 1 & 0.5 & 1 & 5 & 2 & 3 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 1 & 0.33 & 0.5 \\ 0.33 & 0.5 & 0.33 & 0.5 & 1 & 1 & 1 \\ 0.5 & 1 & 0.5 & 0.33 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.298 \\ 0.107 \\ 0.223 \\ 0.191 \\ 0.0313 \\ 0.0695 \\ 0.0794 \end{pmatrix} = 6.907.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 3 имеет следующую форму:

$$UC_k = \frac{6.907 - 7}{6} = -0.0155,$$
$$OC_k = \frac{-0.0155}{1.32} = -0.0117.$$

Так как $OC_k < 0.1$ – матрица согласована.

Сравнение критериев методом анализа иерархий

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Скорость обработки транзакций» имеет форму, представленную в таблице 4.

Таблица № 4

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Скорость обработки»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	0.11	0.5	0.11	0.33	0.33
Z2	9	1	3	1	2	3
Z3	2	0.33	1	0.33	2	1
Z4	9	1	3	1	5	3
Z5	3	0.5	0.5	0.2	1	3
Z6	3	0.33	1	0.33	0.33	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 4 имеет следующую форму: $W_{s1}^T = (2.389; 19; 6.667; 22; 8.2; 6)$.

Сумма элементов вектора W_{s1} равна:

$$S1 = 2.389 + 19 + 6.667 + 22 + 8.2 + 6 = 64.256.$$

Нормализуя вектор W_{s1} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_1^T = (0.0372; 0.296; 0.104; 0.342; 0.128; 0.0934)$, тогда максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^{-1} = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0.11 & 0.5 & 0.11 & 0.33 & 0.33 \\ 9 & 1 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 0.33 & 1 & 0.33 & 2 & 1 \\ 9 & 1 & 1 & 1 & 5 & 3 \\ 3 & 0.5 & 0.5 & 0.2 & 1 & 3 \\ 3 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.0372 \\ 0.296 \\ 0.104 \\ 0.342 \\ 0.128 \\ 0.0934 \end{pmatrix} = 6.353.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 4 имеет следующую форму:

$$UC_1 = \frac{6.353 - 6}{6 - 1} = 0.0706,$$

$$OC_1 = \frac{0.0706}{1.24} = 0.0569.$$

Так как $UC_1 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Решение проблемы двойного расходования» представлена в таблице 5.

Таблица № 5

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Решение проблемы двойного расходования»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	0.33	0.2	0.11	1	1
Z2	3	1	3	0.33	3	2
Z3	5	0.33	1	0.2	0.5	0.5
Z4	9	3	5	1	5	7
Z5	1	0.33	2	0.2	1	2
Z6	1	0.5	2	0.14	0.5	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 5 имеет следующую форму: $W_{s_2}^T = (3.644; 12.333; 7.533; 30; 6.533; 5.143)$.

Сумма элементов вектора W_{s_2} равна:

$$S_2 = 3.644 + 12.333 + 7.533 + 30 + 6.533 + 5.143 = 65.187.$$

Нормализуя вектор W_{s_2} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_2^T = (0.0559; 0.189; 0.116; 0.46; 0.1; 0.0789)$.

Максимальное собственное значение для таблицы 5 имеет форму:

$$\lambda_{\max}^2 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0.33 & 0.2 & 0.11 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 3 & 0.33 & 3 & 2 \\ 5 & 0.33 & 1 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \\ 9 & 3 & 5 & 1 & 5 & 7 \\ 1 & 0.33 & 2 & 0.2 & 1 & 2 \\ 1 & 0.5 & 2 & 0.14 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.0559 \\ 0.189 \\ 0.116 \\ 0.46 \\ 0.1 \\ 0.0789 \end{pmatrix} = 6.568.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 4 имеет следующую форму:

$$UC_2 = \frac{6.568 - 6}{6 - 1} = 0.1136,$$

$$OC_2 = \frac{0.1136}{1.24} = 0.091.$$

Так как $UC_2 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Уровень защищенности канала связи» представлена в таблице 6.

Таблица № 6

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Уровень защищенности канала связи»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	0.33	0.5	0.14	0.5	0.33
Z2	3	1	2	0.33	2	3
Z3	2	0.5	1	0.2	1	2
Z4	7	3	5	1	3	5
Z5	2	0.5	1	0.33	1	0.5
Z6	3	0.33	0.5	0.2	2	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 6 имеет следующую форму: $W_{s3}^T = (2.81; 11.333; 6.7; 24; 5.333; 7.033)$.

Сумма элементов вектора W_{s3} равна:

$$S3 = 2.81 + 11.333 + 6.7 + 24 + 5.333 + 7.033 = 57.21.$$

Нормализуя вектор W_{s3} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_3^T = (0.0491; 0.198; 0.117; 0.42; 0.932; 0.123)$, тогда максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^3 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0.33 & 0.5 & 0.14 & 0.5 & 0.33 \\ 3 & 1 & 2 & 0.33 & 2 & 3 \\ 2 & 0.5 & 1 & 0.2 & 1 & 2 \\ 7 & 3 & 5 & 1 & 3 & 5 \\ 2 & 0.5 & 1 & 0.33 & 1 & 0.5 \\ 3 & 0.33 & 0.5 & 0.2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.0491 \\ 0.198 \\ 0.117 \\ 0.42 \\ 0.932 \\ 0.123 \end{pmatrix} = 6.445.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 6 имеет следующую форму:

$$UC_3 = \frac{6.445 - 6}{6 - 1} = 0.089,$$

$$OC_3 = \frac{0.089}{1.24} = 0.0718.$$

Так как $UC_3 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Поддержка выпуска токенов криптовалюты» представлена в таблице 7.

Таблица № 7

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Поддержка выпуска токенов криптовалюты»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	2	3	5	1	1
Z2	0.5	1	2	3	0,5	0,5
Z3	0.33	0,5	1	3	0,33	0,33
Z4	0.2	0,33	0,33	1	0,2	0,2
Z5	1	2	3	5	1	1
Z6	1	2	3	5	1	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 7 имеет следующую форму: $W_{s4}^T = (13; 7.5; 5.5; 2.267; 13; 13)$.

Сумма элементов вектора W_{s4} равна:

$$S4 = 13 + 7.5 + 5.5 + 2.267 + 13 + 13 = 54.267.$$

Нормализуя вектор W_{s4} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_4^T = (0.24; 0.138; 0.101; 0.0418; 0.24; 0.24)$, тогда максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^4 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 5 & 1 & 1 \\ 0.5 & 1 & 2 & 3 & 0.5 & 0.5 \\ 0.33 & 0.5 & 1 & 3 & 0.33 & 0.33 \\ 0.2 & 0.33 & 0.33 & 1 & 0.2 & 0.2 \\ 1 & 2 & 3 & 5 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 5 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.24 \\ 0.138 \\ 0.101 \\ 0.0418 \\ 0.24 \\ 0.24 \end{pmatrix} = 6.15.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 7 имеет следующую форму:

$$UC_4 = \frac{6.15 - 6}{6 - 1} = 0.03,$$

$$OC_4 = \frac{0.03}{1.24} = 0.0242.$$

Так как $UC_4 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Сложность разработки» представлена в таблице 8.

Таблица № 8

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Сложность разработки»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	0,25	0,5	0,2	0,33	0,33
Z2	4	1	3	0,5	4	3
Z3	2	0,33	1	0,33	2	1
Z4	5	2	3	1	5	4
Z5	3	0,25	0,5	0,2	1	0,5
Z6	3	0,33	1	0,25	2	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 8 имеет следующую форму: $W_{s5}^T = (2.617; 15.5; 6.667; 20; 5.45; 7.583)$.

Сумма элементов вектора W_{s5} равна:

$$S5 = 2.617 + 15.5 + 6.667 + 20 + 5.45 + 7.583 = 57.817.$$

Нормализуя вектор W_{s5} , вычисляется значение главного собственного вектора:

$$W_5^T = (0.0453; 0.268; 0.115; 0.346; 0.0943; 0.131).$$

Максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^1 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0.25 & 0.5 & 0.2 & 0.33 & 0.33 \\ 4 & 1 & 3 & 0.5 & 4 & 3 \\ 2 & 0.33 & 1 & 0.33 & 2 & 1 \\ 5 & 2 & 3 & 1 & 5 & 4 \\ 3 & 0.25 & 0.5 & 0.2 & 1 & 0.5 \\ 3 & 0.33 & 1 & 0.25 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.0453 \\ 0.268 \\ 0.115 \\ 0.346 \\ 0.943 \\ 0.131 \end{pmatrix} = 6.466.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 8 имеет форму:

$$UC_5 = \frac{6.446 - 6}{6 - 1} = 0.0932,$$

$$OC_5 = \frac{0.0932}{1.24} = 0.0752.$$

Так как $UC_5 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Масштабируемость» представлена в таблице 9.

Таблица № 9

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Масштабируемость»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	3	2	3	1	1
Z2	0.33	1	0.5	2	0.25	0.33
Z3	0.5	2	1	3	0.5	0.5
Z4	0.33	0.5	0.33	1	0.25	0.33
Z5	1	4	2	4	1	1
Z6	1	3	2	3	1	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 9 имеет следующую форму: $W_{s6}^T = (11; 4.417; 7.5; 2.75; 13; 11)$.

Сумма элементов вектора W_{s6} равна:

$$S6 = 11 + 4.417 + 7.5 + 2.75 + 13 + 11 = 49.667.$$

Нормализуя вектор W_{s6} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_6^T = (0.221; 0.0889; 0.151; 0.0554; 0.262; 0.221)$.

Максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^6 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ 0.33 & 1 & 0.5 & 2 & 0.25 & 0.33 \\ 0.5 & 2 & 1 & 3 & 0.5 & 0.5 \\ 0.33 & 0.5 & 0.33 & 1 & 0.25 & 0.33 \\ 1 & 4 & 2 & 4 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.221 \\ 0.0889 \\ 0.151 \\ 0.0554 \\ 0.262 \\ 0.221 \end{pmatrix} = 6.159.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 9 имеет следующую форму:

$$UC_6 = \frac{6.159 - 6}{6 - 1} = 0.0318,$$

$$OC_6 = \frac{0.0318}{1.24} = 0.0256.$$

Так как $UC_6 < 0.1$ – матрица согласована.

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Поддержка сложных моделей ЭДО» представлена в таблице 10.

Таблица № 10

Матрица для оценки альтернатив по критерию «Масштабируемость»

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	1	0.5	0.25	0.2	0.33	1
Z2	2	1	1	0.5	2	3
Z3	4	1	1	0.2	1	2
Z4	5	2	5	1	3	5
Z5	3	0.5	1	0.33	1	0.5
Z6	1	0.33	0.5	0.2	2	1

Транспонированный вектор сумм элементов каждой строки таблицы 9 имеет следующую форму: $W_{s7}^T = (3.28; 9.5; 9.2; 21; 6.33; 5.03)$.

Сумма элементов вектора W_{s7} равна:

$$S7 = 3.28 + 9.5 + 9.2 + 21 + 6.33 + 5.03 = 54.34.$$

Нормализуя вектор W_{s7} , вычисляется значение главного собственного вектора: $W_7^T = (0.06; 0.175; 0.169; 0.386; 0.116; 0.0925)$.

Максимальное собственное значение имеет форму:

$$\lambda_{\max}^7 = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 0.25 & 0.2 & 0.33 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0.5 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 1 & 0.2 & 1 & 2 \\ 5 & 2 & 5 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 0.5 & 1 & 0.33 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0.33 & 0.5 & 0.2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.175 \\ 0.169 \\ 0.386 \\ 0.116 \\ 0.0925 \end{pmatrix} = 6.311.$$

Следовательно, согласованность суждения для матрицы 9 имеет следующую форму:

$$UC_7 = \frac{6.311 - 6}{6 - 1} = 0.0622,$$
$$OC_7 = \frac{0.0622}{1.24} = 0.05.$$

Так как $UC_7 < 0.1$ – матрица согласована.

Для осуществления иерархического синтеза необходимо последовательно определять вектора приоритетов альтернатив (W_k) относительно элементов, находящихся на всех иерархических уровнях ($W_j; j = 1, 6$). Следовательно, иерархический синтез будет иметь форму:

$$SA = WJ * W_k,$$
$$WJ = \|w_{ij}\|,$$

где SA – вектор иерархического синтеза, WJ – матрица элементов значений главных собственных векторов, $w_{i,j}$ – i -й элемент j -го главного собственного вектора.

Исходя из полученных данных, иерархический синтез имеет следующую форму:

$$\begin{pmatrix} 0.0372 & 0.0559 & 0.0491 & 0.24 & 0.0453 & 0.221 & 0.06 \\ 0.296 & 0.186 & 0.198 & 0.138 & 0.268 & 0.0889 & 0.175 \\ 0.104 & 0.116 & 0.117 & 0.101 & 0.115 & 0.151 & 0.169 \\ 0.342 & 0.46 & 0.42 & 0.0418 & 0.346 & 0.0554 & 0.386 \\ 0.128 & 0.1 & 0.0932 & 0.24 & 0.0943 & 0.262 & 0.116 \\ 0.0934 & 0.0789 & 0.123 & 0.24 & 0.131 & 0.221 & 0.0925 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.298 \\ 0.107 \\ 0.223 \\ 0.191 \\ 0.0313 \\ 0.0695 \\ 0.0794 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.06453165 \\ 0.23021906 \\ 0.1120862 \\ 0.3668121 \\ 0.11645485 \\ 0.1093863 \end{pmatrix}.$$

Максимальным элементом в матрице является 0.367. Поэтому наиболее предпочтительной при выборе платформы распределенного реестра для финансового сектора экономики будет являться платформа корпоративного распределенного реестра *Corda*.

Заключение

В работе исследована проблематика выбора платформы распределенного реестра при реализации информационных систем финансового сектора экономики. Были определены платформы распределенного реестра, наиболее часто используемые при проектировании информационных систем. Для данных систем были выявлены наиболее значимые критерии при реализации информационных систем финансового сектора экономики. На основе модели анализа иерархий были проранжированы платформы распределенного реестра. По результатам анализа наиболее перспективной является платформа *Corda*. Данная платформа может быть использована для построения информационных систем [13,14].

Литература

1. Андрюшин С. А. Технология распределенных реестров в финансовой сфере России // Банковское дело. 2018. №2. С.4-15.

2. Тапскотт Д. Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня. М.: Эксмо, 2017. 448 с.

3. Zheng Z., Xie Sh., Dai H., Chen X., Wang H. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends // IEEE 6th International Congress on Big Data, 2017 pp.557-564. DOI: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.

4. Drake P.R. Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education // International Journal of Engineering Education, 1998. pp.191-196.

5. Saaty Thomas L., Forman E. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. 496 p. ISBN 0-9620317-5-5.

6. Saaty Thomas L., Luis V. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. NY: Springer New York, 2001. 333 p. ISBN: 978-1-4613-5667-7.

7. Armknecht F., Karame G.O., Mandal A., Youssef F., Zenner E. Ripple: Overview and Outlook // Trust and Trustworthy Computing, 2015. pp.163-180. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-22846-4_10.

8. Chen L., Xu L., Shah N., Gao Zh., Lu Ya., Shi W. On Security Analysis of Proof-of-Elapsed-Time (PoET) // International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems, 2017. pp. 282-297.

9. Bao Zh., Liu Yu., Zhang W. A Group-Based Optimized Practical Byzantine Fault Tolerance Consensus Algorithm // Blockchain Technology and Application, 2020. pp. 95-115.

10. Fu W., Wei X., Tong S. An Improved Blockchain Consensus Algorithm Based on Raft // Arabian Journal for Science and Engineering, 2021. pp. 8137–8149. DOI: doi.org/10.1007/s13369-021-05427-8.

11. Bagga P., Das, A.K. Chamola, V. Blockchain-envisioned access control for internet of things applications: a comprehensive survey and future directions // Telecommunication Systems, 2022. pp. 125–173. DOI: doi.org/10.1007/s11235-022-00938-7.

12. Rebello, G.A.F., Camilo, G.F., Guimarães, L.C.B. et al. A security and performance analysis of proof-based consensus protocols // *Annals of Telecommunications*, 2022. pp.517–53. DOI: doi.org/10.1007/s12243-021-00896-2.

13. Евсин В. А., Широбокова С. Н., Продан Е. А. Использование технологии распределенных реестров при проектировании информационной системы «Аренда недвижимости» с применением искусственных нейронных сетей // *Инженерный вестник Дона*, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4655.

14. Евсин В. А., Широбокова С. Н., Продан Е. А. Математическое моделирование распределенного реестра в сфере аренды недвижимости как сети массового обслуживания // *Инженерный вестник Дона*, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5078.

References

1. Andryushin S. A. *Bankovskoe delo (Proc. Banking)*. 2018. №2. с.4-15.
 2. Tapskott D. *Tehnologija blokchejn: to, chto dvizhet finansovoj revoljuciej segodnja [The technology of the blockchain: what drives financial revolution today]* M.: Jeksmo, 2017. 448 p.
 3. Zheng Z., Xie Sh., Dai H., Chen X., Wang H. *IEEE 6th International Congress on Big Data*, 2017. pp.557-564. DOI: [10.1109/BigDataCongress.2017.85](https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85).
 4. Drake P.R. *International Journal of Engineering Education*, 1998. pp.191-196.
 5. Saaty Thomas L., Forman E. *The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. 496 p. ISBN 0-9620317-5-5.
 6. Saaty Thomas L., Luis V. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. NY: Springer New York, 2001. 333 p. ISBN: 978-1-4613-5667-7.
-



7. Armknecht F., Karame G.O., Mandal A., Youssef F., Zenner E. Trust and Trustworthy Computing, 2015. pp.163-180. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-22846-4_10.
8. Chen L., Xu L., Shah N., Gao Zh., Lu Ya., Shi W. International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems, 2017. pp. 282-297.
9. Bao Zh., Liu Yu., Zhang W. Blockchain Technology and Application, 2020. pp. 95-115.
10. Fu W., Wei X., Tong S. Arabian Journal for Science and Engineering, 2021. pp. 8137–8149. DOI: doi.org/10.1007/s13369-021-05427-8.
11. Bagga P., Das, A.K. Chamola, V. Telecommunication Systems, 2022. pp. 125–173. DOI: doi.org/10.1007/s11235-022-00938-7.
12. Rebello, G.A.F., Camilo, G.F., Guimarães, L.C.B. et al. Annals of Telecommunications, 2022. pp.517–53. DOI: doi.org/10.1007/s12243-021-00896-2.
13. Evsin V. A., Shirobokova S. N., Prodan E. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4655.
14. Evsin V. A., Shirobokova S. N., Evsina V. A., Prodan E. A. Inzhenernyj vestnik Dona 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5078.