МАТЕМАТИКА

Научная статья
УДК 535.1 и 510.6
DOI: 10.18384/2949-5067-2025-2-66-73

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И КВАНТОВЫХ АЛГОРИТМОВ В МОДЕЛИ НЕЧЁТКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ

Титов Е. К.

Независимый исследователь, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: work_evgeniy@mail.ru

Поступила в редакцию 25.02.2025
Принята к публикации 11.03.2025

Аннотация
Цель: дать общее представление о сравнении методов и алгоритмов для принятия решения в нечёткой информационной ситуации при управлении рисками.
Процедуры и методы. В современном мире с существенным скачком развития информационных технологий и ростом объёмов информации появляются новые средства и методы для инвестирования, что в свою очередь увеличивает количество ситуаций с повышенными рисками. Такие ситуации требуют современных и своевременных решений. Алгоритмы ситуационной обработки информации помогают оптимизировать количество таких ситуаций и свести их к минимуму. А для обработанного объёма рисковых ситуаций могут быть использованы как классические методы передачи информации, так и методы передачи и обработки информации с применением квантовых технологий.
Результаты. Представлены цифровые и квантовые методы передачи и обработки информации. Описаны достоинства и недостатки при работе с ними.
Теоретическая и/или практическая значимость. Описанные методы и алгоритмы могут быть применены и использованы в различных сферах экономики при работе с повышенными рисками их прогнозированием и предупреждением.
Ключевые слова: риски, информационная ситуация, квантование, манипуляция, квантовая чувствительность, сцепленное состояние

© CC BY Титов Е. К., 2025.

Для цитирования.
Титов Е. К. Применение цифровых и квантовых алгоритмов в модели нечёткой информационной ситуации для управления рисками инвестирования // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Физика-математика. 2025. № 2. С. 66–73. https://doi.org/10.18384/2949-5067-2025-2-66-73

Original research article

APPLICATION OF DIGITAL AND QUANTUM ALGORITHMS IN FUZZY INFORMATION SITUATION MODEL FOR INVESTMENT RISK MANAGEMENT

E. Titov

Independent researcher, Moscow, Russian Federation
e-mail: work_evgeniy@mail.ru

Received by the editorial office 25.02.2025
Accepted for publication 11.03.2025

Abstract
Aim is to provide a general idea of the comparison of methods and algorithms for decision-making in a fuzzy information situation in risk management.
Methodology. In the modern world, with a significant jump in the development of information technology and a significant increase in the volume of information, new means and methods for investing appear which in turn increases the number of situations with increased risks. Such situations require modern and timely solutions. Situational information processing algorithms help optimize the number of such situations and minimize them. And for the processed volume of risk situations, both classical methods of transmitting information and methods of transmitting and processing information using quantum technologies can be used.
Results. Digital and quantum methods of information transmission and processing are presented. Advantages and disadvantages when working with them are described.
Research implications. The described methods and algorithms can be applied and used in various spheres of the economy when working with increased risks of their forecasting and prevention.
Keywords: risks, information situation, quantization, manipulation, quantum sensitivity, coupled state
For citation.
Titov, E. K. (2025). Application of digital and quantum algorithms in fuzzy information situation model for investment risk management. In: *Bulletin of Federal State University of Education. Series: Physics and Mathematics*, 2, pp. 66–73. https://doi.org/10.18384/2949-5067-2025-2-66-73

Введение

Риски при инвестировании могут быть известными, неизвестными или непостижимыми. Известные риски – это риски, о которых есть какая-либо информация, если они явно не являются рисками, а могут быть открытыми вопросами. Неизвестные риски – это те, которые будут выявлены (т. е. станут известны), если появилась возможность получить не явную или явную информацию. Непостижимые риски – это те, которые даже в принципе никто не

мог предвидеть. Поэтому эти риски, потенциально критические для успеха инвестирования, выходят за рамки любого метода идентификации рисков. Некоторые из известных рисков уже были идентифицированы и зафиксированы. Основное внимание метода идентификации рисков, описанного в работе, сосредоточено на рисках, которые известны, но не идентифицированы и не зафиксированы, и на неизвестных рисках [1].

Модель нечёткой информационной ситуации при прогнозировании рисков

Для выявления ситуаций, связанных с повышенными рисками, можно использовать имитационные ситуационные модели, которые достаточно точно воспроизводят логическую схему и временную динамику поведения изучаемого объекта. Как правило, они представляют собой либо ситуационный алгоритм поведения объекта, либо исполняющийся в реальном времени программный код, что даёт более прогнозируемый и управляемый результат при исследовании. Однако наименее прогнозируемыми и более сложными для изучения являются стохастические ситуационные процессы, которые могут быть предсказаны или спрогнозированы в меньшей степени, что ведёт к повышению рисков [2; 3].

Чем сложнее и обширнее методы, применяемые для построения моделируемой ситуации, тем ниже количество рисков, с которыми впоследствии предстоит работать.

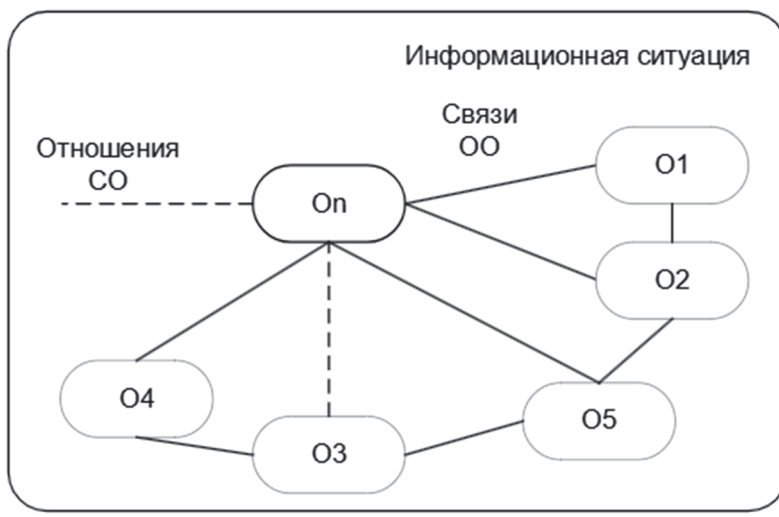

Рис. 1 / Fig. 1. Модель информационной ситуации / Model of information situation

Источник: Составлено автором.

На рис. 1 модель информационной ситуации представлена как объект исследования. Реальные ситуации, в которых имеет место нечёткость и параметры являются нечёткими[1], могут быть определены как нечёткие информационные ситуации. С исследованием модели такой информационной ситуации часто связаны условия поведения объекта, развития явления или процесса или условия решения задачи. В случае с инвестированием решением будет являться идентификация и группировка рисков [2].

Матрица рисков

Алгоритм группировки выявленных рисков может быть представлен обычным матричным видом, Amxn, где m – идентифицированные риски, а n – методы и алгоритмы работы с ними.

Матрица пересечения идентифицированных рисков с алгоритмами и методами работы с ними может давать как однозначное, так и комплексное решение для дальнейшей работы с ними. В этом случае ключевым фактором является своевременность и точность передаваемой информации об идентифицированных рисках и выработанных алгоритмах и методах для их устранения или предупреждения. Методы передачи данных могут быть использованы как цифровые, так и оптические. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим оба варианта.

Методы и алгоритмы передачи данных в различных ситуациях

При использовании беспроводных каналов передачи данных возникают недостатки, связанные с искажением передаваемых данных при кодировании и декодировании сигнала такими методами, как модуляция, дискретизация, квантование. Эти методы несут в себе усложнение схемы передачи данных и её постоянное преобразование, которое, не смотря на развитие новых технологий и методов извлечения данных, так или иначе ведёт к потере части передаваемой информации. Так, например, при использовании беспроводной связи при квантовании сигнала необходимо учитывать погрешность в половину кванта. А при передаче дискретной информации посредством модуляции сигнала информационные уровни кодируют изменением амплитуды, частоты или фазы. Для передачи бинарной информации значениям единицы и ноля соответствуют противоположные фазовые состояния несущей частоты. Наиболее распространённым методом манипуляции является квадратурно-фазовая манипуляция (QPSK). Недостатком её использования является скачок фазы на 180^0 градусов.

Этой проблемы можно избежать при использовании амплитудно-фазовой манипуляции при одновременном применении фазовой манипуляции и амплитудной модуляции. Подобную модуляцию можно назвать многоуровневой.

[1] Цветков В. Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. 2015. № 4 (12). С. 8.

Пример амплитудно-фазовой модуляции представлен на рис. 2.

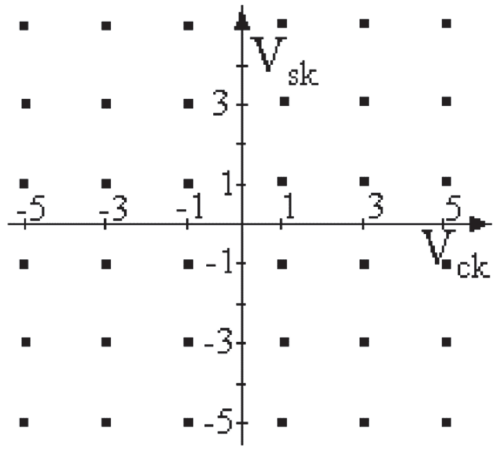

Рис. 2 / Fig. 2. Пример амплитудно-фазовой модуляции / Example of amplitude-phase modulation

Источник: [4, с. 175]

Преимуществом такого способа модуляции является значительное повышение скорости передачи информации, которое можно записать как отношение

$$К = \frac{\text{Скорость передачи данных}}{\text{Требуемая полоса частот}},$$

где К – спектральная эффективность [4].

Оптоволоконные соединения гарантируют минимум шумов и высокую безопасность, обусловленную невозможностью сделать отвод. Вероятность ошибки при передаче данных составляет 10^{-10}, что в большинстве случаев делает контроль целостности сообщений ненужным. При использовании мультимодового вида волокон снижается дисперсия времени распространения и вносятся меньшие искажения формы сигнала. Придавая световым импульсам обратный гиперболический косинус, эффекты дисперсии можно полностью исключить. Такие импульсы называют солитонами. Также снижение потерь можно получить, если диаметр волокна больше диаметра источника света. Чувствительность приёмника задаётся квантовой эффективностью, которая характеризует отношение числа первичных электронно-дырочных пар к числу падающих на детектор фотонов. Этот параметр часто выражается в процентах (реже в амперах на люмен). Так, если на каждые 100 фотонов приходится 60 пар

электрон – дырка, то квантовая эффективность равна 60%. Чувствительность фотодетектора R может быть вычислена на основе квантовой чувствительности:

$$R= (nel)/hc,$$

где e – заряд электрона, h – постоянная Планка, c – скорость света, l – длина волны, а n – квантовая чувствительность [5].

Время нарастания фотодиода ограничивает быстродействие системы. Немалую роль играет и уровень шумов на входе приёмника. При этом световой импульс должен нести достаточно энергии (заметно больше уровня шума), чтобы обеспечить низкий уровень ошибок.

В таком случае при анализе одномодового режима счёта фотонов, имеющего место при условии малости времени одиночного измерения числа фотонов по сравнению с временем когерентности поступающего на вход усилителя излучения, $T<<t_{coh}$. Также предполагается, что площадь фотодетектора меньше площади пространственной когерентности излучения $S<<S_{coh}$. Таким образом, распределение p (m,T) фотоэлектронов многоатомного широкополосного фотодетектора для времени измерения T может иметь вид:

$$p(m, T) = \int P(\alpha) \frac{\left(\varepsilon T |\alpha|^2\right)^m}{m!} \exp\left(-\varepsilon T |\alpha|^2\right) \mathrm{d}^2\alpha,$$

При условии, что квантовая эффективность фотодетектора удовлетворяет соотношению 0=<n=<1, то после преобразования получим соотношение сигнал/шум фотодетектора в виде выражения:

$$\Re = \frac{\left\langle n_a^2 \right\rangle}{(1-\eta)\eta^{-1}\langle n_a \rangle + \left\langle \Delta n_a^2 \right\rangle}$$ [6].

Одновременно с выбором канала передачи данных можно увеличить плотность потока передаваемых данных, для этого предлагается использовать сверхплотное кодирование, основанное на сцепленном состоянии. Для этого предположим, что передатчик является объектом А, а приёмник объектом Б, находящимися в сцепленном состоянии, тогда каждый из объектов будет представлять из себя q-бит. Известно, что максимальное количество информации переданное от А к В в классическом представлении равно одному биту и получается при кодировании в два ортогональных вектора, например:

$$0 \rightarrow |0\rangle, \quad 1 \rightarrow |1\rangle$$

Протокол «сверхплотного кодирования» позволяет удвоить количество передаваемой информации, имеет в своей основе простой математический факт – все векторы базиса Белла:

$$|e_+\rangle = |00\rangle + |11\rangle, \quad |e_-\rangle = |00\rangle - |11\rangle,$$
$$|h_+\rangle = |10\rangle + |01\rangle, \quad |h_-\rangle = |10\rangle - |01\rangle \quad [7].$$

Таким образом, вычислительный алгоритм нечёткой ситуации с идентифицированными рисками может иметь различные варианты решений для выбора методов передачи и кодирования информации о наступивших или предполагаемых идентифицированных рисках на начальном уровне.

Выводы

Для решения задачи по идентификации рисков в нечёткой информационной ситуации, а также возможности быстрой передачи информации с минимальными потерями предложены следующие ситуационные методы и алгоритмы:

1. Определение рисков и ответственных за их анализ исполнителей с использованием матрицы Amxn.
2. Определение формата передачи информации в зависимости от имеющихся в доступности средств проводной или беспроводной связи (цифровой, аналоговой, аналогово-цифровой).
3. Метод кодирования и декодирования информации.
4. Алгоритм работы с ошибками при приёме информации своевременно и без искажений исходного передаваемого сообщения.
5. Увеличение плотности передаваемых сообщений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Taxonomy-Based Risk Identification / M. J. Carr, S. L. Konda, I. Monarch, F. Carol Ulrich, C. F. Walke. Pittsburgh, Pennsylvania: Software Engineering Institute, 1993. 90 p.
2. Цветков В. Я., Титов Е. К. Информационная вычислительная ситуация // Славянский форум. 2019. № 4 (26). С. 389–397.
3. Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования: сборник статей к 80-летию акад. Г. И. Марчука: в 2-х томах. Т. 2: Математическое моделирование / отв. ред. В. П. Дымников. М.: Наука, 2005. 405 с.
4. Самойлов А. Г., Самойлов С. А. Устройство генерирования и формирования сигналов: учебное пособие. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2018. С. 154–180.
5. Семенов А. Ю. Оптоволоконные каналы и беспроводные оптические связи // Семенов А. Ю. Алгоритмы телекоммуникационных сетей. Ч. 1 Алгоритмы и протоколы каналов сетей и передачи данных. М.: ИНТУИТ, 2016. С. 50–67.
6. Козловский А. В. Фотодетектирование слабого светового сигнала в различных квантовых состояниях с использованием оптического усилителя // Квантовая электроника. 2006. Т. 36. № 3. С. 280–286.

7. Холево А. С. К математической теории квантовых каналов связи // Проблемы передачи информации. 1972. Т. 8. № 1. С. 62–71.

REFERENCES

1. Carr, M. J., Konda, S. L., Monarch, I., Carol Ulrich, F. & Walke, C. F. (1993). *Taxonomy-Based Risk Identification*. Pittsburgh, Pennsylvania: Software Engineering Institute.
2. Tsvetkov, V. Ya. & Titov, E. K. (2019). Informational constructions and principles of constructive mathematics. In: *Slavic Forum*, 4 (26), 389–397 (in Russ.).
3. Dymnikov, V. P., ed. (2005). *Modern problems of computational mathematics and mathematical modeling: collection of articles for the 80th anniversary of academician G. I. Marchuk: in 2 volumes. Vol. 2. Mathematical modeling.* Moscow: Nauka publ. (in Russ.)
4. Samoilov, A. G. & Samoilov, S. A. (2018). *Device for generating and forming signals*. Vladimir: Vladimir State University publ., pp. 154–180 (in Russ.).
5. Semenov, A. Yu. (2016). Fiber-optic channels and wireless optical communications. In: Semenov, A. Yu. *Algorithms of telecommunication networks. Part 1 Algorithms and protocols of network channels and data transmission*. Moscow: INTUIT publ., pp. 50–67 (in Russ.).
6. Kozlovskii, A. V. (2006). Photodetection of a weak light signal in various quantum states by using an optical amplifier. In: *Quantum Electronics*, 36 (3), 280–286 (in Russ.).
7. Holevo, A. S. (1972). On the Mathematical Theory of Quantum Communication Channels. In: *Problems of Information Transmission,* 8 (1), 62–71 (in Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Титов Евгений Константинович (г. Москва) – независимый исследователь;
https://orcid.org/0000-0002-8423-3439; e-mail: work_evgeniy@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Evgeny K. Titov (Moscow) –independent researcher;
https://orcid.org/0000-0002-8423-3439; e-mail: work_evgeniy@mail.ru