

УДК 530.145:658.3:621.391
DOI 10.17513/snt.40039

ПОСТРОЕНИЕ ОНТОЛОГИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ФАКТОРИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Боряев Р.О., Чуваков А.В.

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,
e-mail: r.boryaev@gmail.com*

В силу непрерывного роста российского рынка факторинговых продуктов участники данного рынка сталкиваются с необходимостью получения конкурентных преимуществ, в том числе за счет использования новых подходов в области управления. Комплексное использование методов управления организационными системами и использование инновационных подходов и технологий может быть использовано в качестве инструмента по получению данных преимуществ перед конкурентами. В данной статье уделено внимание управлению рисками при принятии решений в сфере факторинга. В качестве рисков рассматриваются неблагоприятные показатели компаний клиентов, попадание в санкционные списки, данные страховых и рейтинговых агентств и иные значимые финансовые показатели. Рассматривается возможность расширить существующий подход к построению автоматизированных информационных систем поддержки принятия факторинговых решений дополнительным модулем по оценке достоверности входящей информации. Акцентируется внимание на невозможности построения такого рода системы на основе классических алгоритмов. Предлагается применение квантовых вычислений для модуля по оценке достоверности входящей информации. Проанализирована структура входящей информации, необходимая для реализации поставленной задачи. Разработана онтология для формализации описания архитектуры данной информационной системы. Описаны общие принципы, которые будут применены для построения модуля по оценке достоверности входящей информации.

Ключевые слова: автоматизированные информационные системы, факторинг, квантовые вычисления, квантовый метод Монте-Карло, онтология, база знаний

CONSTRUCTION OF AN ONTOLOGY FOR A SYSTEM TO SUPPORT FACTORING DECISIONS BASED ON QUANTUM COMPUTING

Boryaev R.O., Chuvakov A.V.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: r.boryaev@gmail.com

Due to the continuous growth of the Russian factoring products market, participants in this market are faced with the need to obtain competitive advantages, including through the use of new approaches in the field of management. The integrated use of methods for managing organizational systems and the use of innovative approaches and technologies can be used as a tool to obtain these advantages over competitors. This article focuses on risk management when making decisions in the field of factoring. Risks considered include unfavorable performance of client companies, inclusion in sanctions lists, data from insurance and rating agencies, and other significant financial indicators. The possibility of expanding the existing approach to building automated information systems to support factoring decision-making with an additional module for assessing the reliability of incoming information is being considered. Attention is focused on the impossibility of building such a system based on classical algorithms. The use of quantum computing for a module for assessing the reliability of incoming information is proposed. The structure of the incoming information necessary to implement the task was analyzed. An ontology has been developed to formalize the description of the architecture of this information system. The general principles that will be applied to construct a module for assessing the reliability of incoming information are described.

Keywords: automated information systems, factoring, quantum computing, quantum Monte Carlo method, ontology, knowledge base

Особыми видами специализированной управленческой деятельности, выделившись в процессе разделения управленческого труда, являются функции управления. Наиболее простым и доступным для понимания является деление функций управления на две группы: общие и специальные функции, то есть функции по управлению теми или иными объектами организации, в том числе финансами. Важную роль в функции по управлению объектом «финансы» играют современные инструменты по управлению дебиторской задолженностью,

в первую очередь факторинг. В наиболее простом понимании факторинг – это продажа дебиторской задолженности, а точнее передача агентских функций по ее управлению третьей стороне.

Совокупный портфель российского рынка факторинга вырос за последние три года с 0,8 до 1,5 трлн руб., а объем выплаченного финансирования вырос с 3,1 до 5,8 трлн руб. С учетом объема рынка факторинговых операций невозможно представить себе использование данного финансового продукта без частичной или полной автоматизации с

использованием автоматизированных информационных систем (далее – АИС) операций, необходимых для его применения. При этом различными программными комплексами может быть реализована как автоматизация по части учета данных, так и автоматизация алгоритмов принятия факторинговых решений [1].

Наибольшую ценность для предприятия представляет автоматизация алгоритмов принятия факторинговых решений, которая позволяет оперативно принимать решения без привлечения финансовых специалистов и способствует ускорению оборачиваемости финансовых средств, увеличению числа проведенных сделок и позволяет обеспечивать бесперебойные поставки материалов на производства.

В рамках обзора рынка факторинговых решений [2] авторами были рассмотрены различные автоматизированные информационные системы управления факторинговыми операциями, такие как «Контур. Факторинг», «Edisoft Factoring», «САМ». Данные системы позволяют вести учет факторинговых документов, и отдельные из них позволяют принимать факторинговые решения по фиксированной на определенную дату факторинговую комиссию.

В ходе исследования возможностей по улучшению процесса автоматизированного принятия факторинговых решений авторами было сделано предложение по использованию квантового алгоритма Монте-Карло в целях поддержки принятия факторинговых решений.

Метод Монте-Карло используется для моделирования вероятности различных результатов в процессе, который трудно предсказать из-за вмешательства случайных величин [3]. Это метод, используемый для понимания влияния риска и неопределенности. При возникновении значительной неопределенности при составлении прогноза или оценки некоторые методы заменяют неопределенную переменную одним средним числом. Вместо этого моделирование Монте-Карло использует несколько значений, а затем усредняет результаты. Моделирование методом Монте-Карло берет переменную, имеющую неопределенность, и присваивает ей случайное значение. Затем модель запускается и выдается результат. Этот процесс повторяется снова и снова, присваивая много разных значений рассматриваемой переменной. После завершения моделирования результаты усредняются, чтобы получить оценку [4].

С использованием полученных вероятностей авторы могут сделать оценку исходной для принятия факторинговых решений

информации [5]. Данное улучшение позволит существенно снизить привлечение факторинговых специалистов для проведения ручного вмешательства в работу автоматизированной информационной системы, так как, имея оценку степени достоверности входящей информации, авторы смогут большую ее часть обрабатывать в автоматизированном режиме.

В рамках данной статьи предлагаем построить онтологию информационного пространства в системе принятия факторинговых решений, которая позволит динамически описать типовую предметную область в исследуемой авторами автоматизированной информационной системе. В заключительной части статьи предлагаем рассмотреть возможность использования полученной онтологии для принятия решения о возможности использования полученных данных для оценки достоверности входной информации, что позволит в дальнейшем перейти к построению алгоритма работы распределенной информационной системы принятия факторинговых решений с модулем оценки достоверности входной информации на основе квантовой версии алгоритма Монте-Карло.

Материалы и методы исследования

Онтология берет свое начало в философии и с тех пор играет жизненно важную роль в сфере искусственного интеллекта, лингвистики и логики. Ключевым применением онтологии является обмен информацией между людьми, базами данных и приложениями. Онтологии собирают, представляют и моделируют знания предметной области в машиночитаемом виде, чтобы они могли быть поняты, интерпретированы и повторно использованы людьми и машинами одинаково. Основная роль онтологии в области информационных систем заключается в ее использовании в качестве источника знаний для человеческой интерпретации и понимания [6].

Рассмотрим языки описания онтологий. Согласно определению, язык описания онтологий – это формальный язык, который применяется для кодирования онтологий. В данном разделе исследования рассматриваются современные языки описания онтологий. Ниже приведено сравнение этих языков.

Язык RDFS (Resource Description Framework Schema) – это стандартная схема описания ресурсов. Имеет возможность регистрировать информацию о ресурсах, их характеристиках и значимости этих характеристик. RDF не является обязательным стандартом для метаданных.

Преимущества: универсальный метод работы с метаданными, сфокусирован на программном обеспечении как основном получателе информации, индексация без необходимости вмешательства человека.

Недостатки: открытость и расширяемость, возможность формулирования утверждений, лишенных смысла или несоответствующих друг другу

Язык OWL (web ontology language) – глоссарий, который увеличивает ассортимент терминов в рамках RDFS, включает в себя описание классов, свойств и экземпляров. Он представлен в трех вариантах (OWL Lite, OWL DL, OWL Full), где каждый последующий является развитием предыдущего. Существуют характеристики-объекты и характеристики-значения, имеет способность определять сложные аксиомы классов.

Преимущества: наличие аксиом идентичности, поддержка конструкции RDFS, моделирование нечетких знаний.

Недостатки: открытость и расширяемость, способность формировать бессмысленные или несвязанные между собой высказывания.

В отличие от RDFS, OWL позволяет решать, насколько выразительным вы хотите быть, учитывая реалии вычислений. Фактически OWL позволяет вам ограничить параметры моделирования данных теми, которые обеспечивают более быстрые поисковые запросы; те, которые позволяют концептуальное рассуждение; или те, которые можно легко реализовать с помощью механизмов правил.

С точки зрения представления знаний OWL стремится моделировать данные однозначным, понятным для машины способом, чтобы обеспечить совместимость данных и большую автоматизацию. Предоставление разработчикам моделей механизмов проверки своих онтологий на предмет логической согласованности повышает надежность моделей и более глубокую совместимость. Разумеется, по-прежнему можно «говорить что угодно о чем угодно», но OWL предоставляет средства проверки логической непротиворечивости и средства применения ограничений. Также не стоит забывать, что данный язык развивается до сих пор.

При разработке онтологии в рамках данной работы, с учетом вышеизложенного предлагается применить web ontology language и программу Protégé. Преимуществом является возможность работы с онтологиями и логическими связями между данными, а также свободная распространяемость указанной программы, возможно создание семантических связей между различными объектами и концепциями, а также возмож-

ность создавать способы усвоения знаний для представления экземпляров различных классов и их подклассов. Один из главных плюсов данного инструмента заключается в наличии разнообразных плагинов, которые позволяют его настроить для редактирования моделей, сохраненных в различных форматах.

Для построения онтологии предлагается применять ручной метод, который предполагает прямую сборку элементов онтологии. Согласно данному подходу, для разработки онтологии необходимо сначала отобрать и классифицировать основные понятия, из которых будет она состоять, а затем установить соответствия между ними. Первым шагом предлагается определить таксономию (структуру понятий в виде иерархии, основанной на вложенности) [7, 8]. Для этого авторами был определен набор понятий, которые будут включены в эту иерархию.

Компания (Company) – представляет собой одного из контрагентов факторинговых отношений, то есть может выступать в роли как покупателя (buyer), так и продавца (seller) в факторинговой сделке. При проведении различных сделок человек может одновременно выступать как продавцом, так и покупателем.

Свойства Компании:

Название (Name) – официальное название компании, строковый тип.

Адрес (Address) – представление адреса Компании.

Страна (Country) – подсвойство адреса, страна, где указан юридический адрес Компании, строковый тип.

Город (City) – подсвойство адреса, город, в котором расположен юридический адрес Компании, строковый тип.

Улица (Street) – подсвойство адреса, улица на месте, где указан юридический адрес Компании, строковый тип.

Номер дома (HouseNumber) – подсвойство, местоположение дома по указанному адресу на улице, где находится юридический адрес Компании, числовой тип.

Литера (HouseSubNumber) – подсвойство адреса, литера дома на улице, где указан юридический адрес Компании, строковый тип.

Форма собственности (LegalForm) – форма собственности компании в кодировке ISO 20275:2017, строковый тип.

Идентификационный номер (IdentNumber) – представление. уникальный идентификатор компании в различных классификационных системах.

Тип классификатора (IdentType) – подсвойство Идентификационного номера, вид классификатора, строковый тип.

Номер в классификаторе (Number) – под-свойство Идентификационного номера, номер в рамках классификатора, строковый тип.

Покупатель (Buyer) – представляет собой организацию, принимающую участие в факторинговой сделке в роли клиента.

Свойства Покупателя:

Название (Name) – наименование профиля клиента для проведения факторинговой операции, строковый тип.

Валюта (Currency) – валюта аккаунта покупателя, где осуществляются факторинговые операции, в ISO 4217, строковый тип.

Продавец (Seller) – это организация, которая выступает в роли продавца в факторинговой сделке.

Свойства Продавца:

Название (name) – название аккаунта продавца для факторинговой сделки, строковый тип.

Аналогичным образом определены свойства остальных понятий:

Факторинговый аккаунт (Seller Buyer Account – SBA) – класс, представляющий собой аккаунт участники факторинговой сделки – клиент и поставщик.

Одобренный лимит (Granted limit) – лимит денежных средств, застрахованный для Компании в рамках договора фактора со страховой компанией.

Человек (Person) – базовый класс для представления индивида, представленного в разных ролях в качестве аффилированного лица, организация, принимающая участие в факторинговой сделке.

Должностное лицо (Functionary) – подкласс класса Человек, представляющий должностные лица компании, требуемые для проведения анализа компании.

Официальный представитель (LegalRepresentative) – подкласс класса Человек, лица, которые способны выступать от их имени в судебных процессах.

Промежуточные бенефициарные владельцы (Intermediate beneficial owners – IBO) – подкласс класса Человек, представляющие лица, которые владеют менее 25% долей компании, либо имеют менее 25%, принимая решение на собрании собственников, важно учитывать мнение всех участников в компании, либо получают менее чем 25% общего дохода, генерируется от основной деятельности компании.

Конечный бенефициарный владелец (Ultimate beneficial owners – UBO) – подкласс класса Человек, представляющие лица, лица, обладающие не менее чем 25% акций компании, имеют право на не менее 25% голосов при принятии решений на собраниях акционеров и получают не менее 25% доходов от деятельности компании.

Результат скрининга (ScreeningResult) – класс, представляющий обобщенный результат произведенного анализа, касающегося представителя группы Людей.

Совпадение со списком (ScreeningHit) – класс, сообщение о том, что человек находится в одном из запретных районов, списков.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученный результат в программе Protégé на рис. 1.

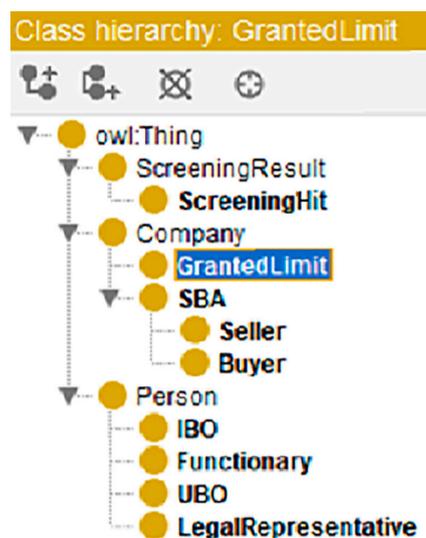


Рис. 1. Иерархия классов

Определим связи между описанными выше понятиями.

Факторинговый аккаунт связан связью один к одному с Покупателем и Продавцом. Компания имеет прямую связь с каждым покупателем. Продавец находится в прямой связи с Компанией. Компания связана связью один ко многим с Одобренным лимитом, Должностным лицом, официальным представителем, а также промежуточным лицом, бенефициарным владельцем, Конечным бенефициарным владельцем. Должностное лицо связано связью один ко многим с Результатом скрининга. Официальный представитель связан связью, результат скрининга показывает соответствие одного к другому. Промежуточный бенефициарный владелец связан связью одному исследованию со множеством результатов скрининга. Конечный бенефициарный владелец связан связью один ко многим с процедурой скрининга. Результат скрининга связан связью один ко многим с Совпадением со списком. Полученная онтология представлена на рис. 2.

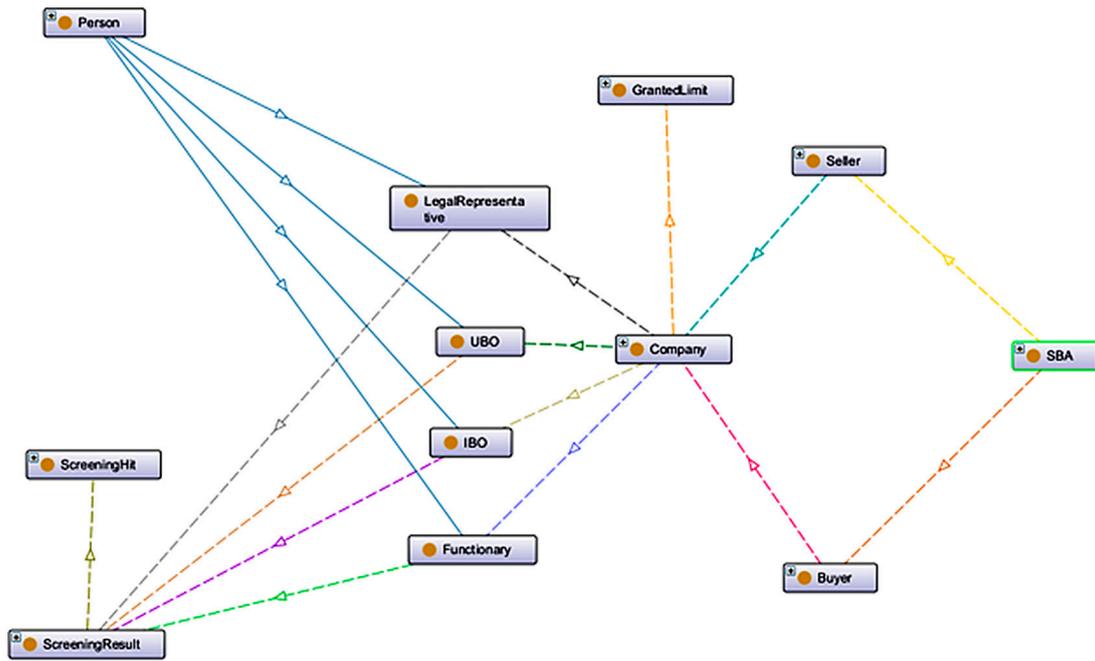


Рис. 2. Онтология факторингового процесса

Так как онтологическая модель реализована с использованием web ontology language, были использованы запросы Query (class expression) для того, чтобы установить, какие входные параметры влияют на размер рассчитанной комиссии. Таким образом, появляется возможность получать рекомендации по корректировке значений входных параметров для обеспечения возможности проведения факторинговых сделок. Данная онтология на следующем этапе нашей работы будет использована при создании архитектуры информационной системы поддержки принятия факторинговых решений. Она позволит эффективно использовать получаемые от сторонних рейтинговых систем данные для расчета комиссии индивидуально для каждой отдельной факторинговой сделки.

В дальнейшем планируется создание модуля оценки достоверности входной информации на основе квантовой версии алгоритма Монте-Карло. Обсудим основные моменты реализации данного модуля. Примем за значения входного параметра некоторую величину l , полученного входным интерфейсом АИС, а за реальное значение данного параметра примем величину l' . Тогда можно сказать, что надежностью данного параметра будет выражение $|l - l'|$.

Определение текущей величины l' в условиях постоянного изменения данного параметра в реальных условиях сильно затруднено. Поэтому предлагается метод определения надежности через корреляцию

l с характерным диапазоном значений входной величины. Введем экспертную интервальную оценку диапазона l

$$L_{\text{хар}} = [l_{\min}, l_{\max}]. \quad (1)$$

Таким образом, можно обозначить величину сравнения входного параметра l с границей $L_{\text{хар}}$ как оценку достоверности входного параметра P (значение параметра P в момент времени t можно представить интервалом $P_t = [p_t - a, p_t + a]$, где p_t – значение параметра в настоящий момент времени, $a > 0$ – величина, характеризующая неопределенность параметра).

Получим функцию $P(l, L_{\text{хар}})$:

$$P(l, L_{\text{хар}}) = \begin{cases} 0, & l - a > l_{\max} \text{ or } l + a < l_{\min} \\ 1, & l - a > l_{\min} \text{ and } l + a < l_{\max} \\ \frac{l + a - l_{\min}}{2a}, & l - a \leq l_{\min} \\ \frac{l_{\max} - (l - a)}{2a}, & l + a \geq l_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

которая показывает вхождение нечеткой величины l , и с помощью нее можно определить надежность входного параметра АИС l . Достоверность значения величины $P(l, L_{\text{хар}})$ определяется вхождением L в $L_{\text{хар}}$ на интервале от 0 до 1.

Таким образом, авторы получают два возможных значения достоверности 0 и 1 (надежный и ненадежный), которым соответствуют функции $P(l, L_{\text{хар}})$ и $1 - P(l, L_{\text{хар}})$ [9].

На рис. 3 представлен вариант интерпретации достоверности.

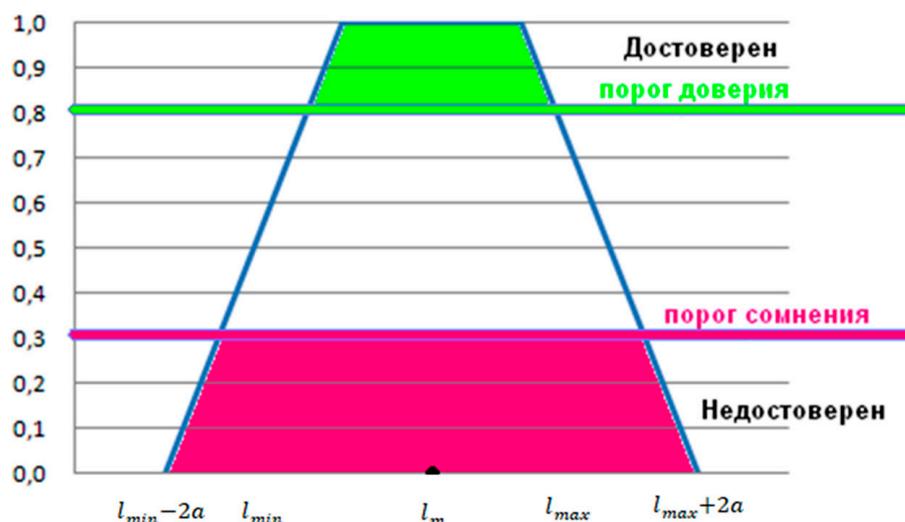


Рис. 3. Интерпретация оценки достоверности

Используется порог доверия и сомнения: $p_{trust}, p_{doubt} \in [0, 1], p_{trust} > p_{doubt}$
В результате получаем

$$M(y) = \begin{cases} P(l, L_{хар}) \geq p_{trust} : \text{достоверно} \\ P(l, L_{хар}) < p_{doubt} : \text{недостоверно,} \\ p_{doubt} \geq P(l, L_{хар}) > p_{trust} : \text{сомнительно.} \end{cases} \quad (3)$$

Для определения $L_{хар}$ предлагается использовать оценку методом Монте-Карло. Так как метод расчета должен работать в режиме реального времени, целесообразно использовать квантовую версию данного алгоритма, эффективность работы которого рассматривалась ранее [2].

Практическая значимость применения данного решения заключается в снижении частоты привлечения экспертной оценки, что увеличивает скорость принятия решения, а значит, увеличивает оборачиваемость привлекаемых средств и положительно влияет на производственные возможности компаний, использующих данное решение для получения факторинговых услуг. В рассмотренных выше АИС данная возможность отсутствует, что означает необходимость ручного принятия экспертных решений в отношении достоверности получаемой информации.

Заключение

В ходе работы авторами были предложены критерии отбора понятий для онтологии, проведены исследования в рамках предметной области процесса принятия

факторингового решения в отношении бизнес-аккаунта продавец-покупатель на основе входящей информации от рейтинговых агентств и страховании текущего кредитного лимита в условиях неопределенности достоверности входящей информации. Авторы рассмотрели, каким образом можно организовывать онтологии. Представлен анализ актуальных программных средств по работе с онтологией. Был произведен выбор программного средства для разработки онтологии, проведена работа по созданию онтологической базы знаний для указанного выше бизнес-процесса. В результате нашего исследования была показана техническая возможность применения полученной онтологии для принятия решения о возможности использования полученных данных для оценки достоверности входной информации, что позволяет начать работу по построению алгоритма работы распределенной информационной системы принятия факторинговых решений с модулем оценки достоверности входной информации на основе квантовой версии алгоритма Монте-Карло.

В дальнейшем предлагается перейти к построению принципиальной схемы распределенного приложения, включающего модуль на основе квантовых вычислений для моделирования вероятности различных результатов в процессе, модуля оценки достоверности входной информации, а также модуля имплементирующего процесс принятия факторингового решения на основе технологии BPMN (нотация и модель бизнес-процессов) в реализации фреймворка Camunda.

Список литературы

1. Боряев Р.О., Чуваков А.В. Квантовые вычисления в автоматизированных системах управления факторинговыми операциями // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: материалы IX Международной научно-практической конференции (г. Тольятти, 18–20 апреля 2023 г.). Тольятти: Издательство Тольяттинского государственного университета, 2023. С. 407–412.
2. Боряев Р.О., Чуваков А.В. Квантовые вычисления в автоматизированных системах управления факторинговыми операциями // Вестник СамГТУ, Технические науки. 2023. № 2. С. 6–19.
3. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. От парадигмы императивного программирования к парадигме квантовых вычислений и далее // Современное программирование: материалы III Международной научно-практической конференции (Нижевартовск, 27–29 ноября 2020 г.). Нижевартовск: Издательство Нижевартовского государственного университета, 2021. С. 8–9.
4. Johansson S. Efficient Monte Carlo Simulation for Counterparty Credit Risk Modeling // Degree project in mathematics, KTH Royal Institute of Technology. 2019.
5. Мясников А.А. Анализ данных в управлении рисками факторинга // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. 2018. № 3. С. 224–227.
6. Грегер С.Э., Поршнев С.В. Построение онтологии архитектуры информационной системы // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 2405–2409.
7. Карин С.А. Построение предметно-ориентированной онтологии в системах обработки пространственных данных // Моделирование систем и процессов. 2014. № 4. С. 78–84.
8. Еремеев А.П., Ивлеев С.А. Построение онтологии на основе нереляционной базы данных для интеллектуальной системы поддержки принятия решений медицинского назначения // Программные продукты и системы. 2017. № 4. С. 739–744.
9. Захарченко В.Е. Оценка достоверности значений параметров АСУТП с помощью синхронных моделей // Проблемы управления. 2010. № 2. С. 61–68.