

УДК 658.8:330.47:339.564.

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

EDN: QRAJRQ

**Агент-ориентированная модель поведения
технического специалиста в искусственно созданной среде
системы технической эксплуатации зарубежного заказчика**

С. В. Веретехина

Финансовый университет при Правительстве РФ
125167, Россия, Москва, пр-т Ленинградский, 49/2

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема, связанная с организацией системы технической эксплуатации (СТЭ). Восстановление работоспособности изделия осуществляется техническими специалистами в зарубежной стране. Агент-ориентированное моделирование (АОМ) позволяет определить вариант поведения специалиста на предстоящий плановый период при лимитах и ограничениях. Введены термины и определения, применяемые при разработке АОМ. Искусственно созданная среда системы технической эксплуатации описана теорией множеств, введены правила для множеств. Функция поведения агента является подмножеством множества всех вариантов поведения. Рассматривается вероятность выбора n -агентом сценария по восстановлению работоспособности изделия в зависимости от варианта неисправности. Применяется закон распределения затрат, связанный с функциями восстановления работоспособности изделия. Определяются стоимость работ и издержки завышения/занижения плана. Описаны информационные модели, позволяющие получать реализацию варианта поведения агента при заданных лимитах и ограничениях, издержки завышения/занижения плана. Агент-ориентированное моделирование и стратегический экспортный маркетинг дают возможность анализировать динамику поведения социально-экономических систем – отраслевого производителя на международном экспортном рынке, а именно: чем качественнее отечественный производитель организует СТЭ для зарубежного заказчика, тем выше конкурентоспособность изделия на международном экспортном рынке. Экспортный маркетинг предлагает дополнительную услугу по проектированию СТЭ посредством агент-ориентированного моделирования, тем самым повышая потребительскую ценность товара (экспортируемого изделия).

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, информационная модель, теория множеств, теория информации в экономике, экономическая информатика, продвижение товара, экспортный маркетинг

Поступила 26.08.2024, одобрена после рецензирования 20.09.2024, принята к публикации 01.10.2024

Для цитирования. Веретехина С. В. Агент-ориентированная модель поведения технического специалиста в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации зарубежного заказчика // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 179–194. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

Agent-oriented model of behavior of a technical specialist in an artificially created environment of the technical operation system of a foreign customer

S.V. Veretekhina

Financial University under the Government of the Russian Federation
125167, Russia, Moscow, 49/2 Leningradsky avenue

Abstract. The article deals with an urgent problem related to the organization of a technical operation system (TOS). The restoration of the product's operability is carried out by technical specialists in a foreign country. Agent-oriented modeling (AOM) allows you to determine the behavior of a specialist for the upcoming planning period with limits and restrictions. The terms and definitions used in the development of AOM are introduced. The artificially created environment of the technical operation system is described by the theory of sets, rules for sets are introduced. The agent behavior function is a subset of the set of all behaviors. The probability of the n-agent choosing a scenario to restore the product's operability, depending on the malfunction variant, is considered. The law of cost allocation is applied, related to the functions of restoring the operability of the product. The cost of work and the costs of overstating/understating the plan are determined. An example of calculating a financial indicator (profit) is given. Information models are described that allow to obtain the implementation of an agent's behavior variant under specified limits and restrictions, the costs of overestimating/underestimating the plan. Agent-oriented modeling and strategic export marketing make it possible to analyze the dynamics of the behavior of socio-economic systems: an industry manufacturer in the international export market, namely: the more efficiently a domestic manufacturer organizes an TOS for a foreign customer, the higher the competitiveness of the product in the international export market. Export marketing offers an additional service for the design of TOS through agent-based modeling, thereby increasing the consumer value of the product (exported product).

Keywords: agent-based modeling, information model, set theory, information theory in economics, economic informatics, product promotion, export marketing

Submitted 26.08.2024,

approved after reviewing 20.09.2024,

accepted for publication 01.10.2024

For citation. Veretekhina S.V. Agent-oriented model of behavior of a technical specialist in an artificially created environment of the technical operation system of a foreign customer. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 179–194. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

ВВЕДЕНИЕ

Исследование поведения сложных динамических систем (отраслевого производителя на международном экспортном рынке) является одной из актуальных задач экспортного маркетинга. Научно-технические изделия имеют длительный жизненный цикл, обслуживаются техническим персоналом на объектах эксплуатации. Зарубежный заказчик заинтересован в разработке такой системы технической эксплуатации (СТЭ), которая способна обеспечить своевременное восстановление работоспособности изделия. Организовать СТЭ можно с использованием агент-ориентированного моделирования (АОМ).

В исследовании З. Б. Соховой, В. Г. Редько автономным агентом в АОМ выступает живой организм, имеющий биологические потребности. Авторами исследуется динамика поведения биологического организма в искусственно созданной среде. Авторы предлага-

ют математический инструментарий размножения агентов (создание копии агента с генотипом потомка с точностью до небольших мутаций). В компьютерном моделировании применяются параметры развития популяции, исследуется устойчивость генотипа [1]. В работах В. Л. Макарова, А. Р. Бахтизина, Е. Д. Сушко представлено моделирование поведения агента-предприятия как части искусственного общества в сети международной торговли. В исследовании этих авторов развивается методология создания искусственного общества, где агент-фирмы АОМ рассматриваются как элементы сети международной торговли. Авторами используются индексы, описывающие значимость агента-предприятия в сети торговли газом. Индексы применяются для разработки алгоритма имитации поведения агента в сети международной торговли [6]. В моделировании поведения агента-предприятия как части искусственного общества в сети международной торговли применяется теория функциональных систем советского ученого П. К. Анохина [2]. Агент-ориентированный подход и концептуальная (логическая) схема агент-ориентированной демографической модели на примере социально-демографической ситуации в Дальневосточном федеральном округе представлены в исследовании коллектива российских ученых [10]. Представленное авторами агент-ориентированное моделирование становится основой системы поддержки принятия решений (СППР) стратегического управления регионом. На основе результатов прогнозирования рождаемости, смертности и миграции разрабатывается стратегия развития региона. Агент-ориентированная модель сотрудничества экономических агентов в конкурентной среде на примере поведения агентов-инвесторов в регионе и модель сотрудничества между инвестором и производителем представлены в работах российских ученых З. Б. Соховой и В. Г. Редько [4]. В исследовании, посвященном моделированию последствий ядерного удара, изложены подходы агентных методов имитационного моделирования при анализе гражданских аспектов последствий ядерного удара для подготовки к чрезвычайным ситуациям [12]. Таким образом, в агент-ориентированном моделировании агентами могут выступать живые организмы, люди, фирмы, инвесторы, члены искусственных сообществ с определенными наборами свойств, а агент-ориентированная модель является инструментом моделирования. Поведение агентов исследуется в искусственно созданных средах [11]. АОМ применяется для прогнозирования на будущие периоды [3, 8, 9]. Стандарты интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации вновь разработаны и введены в действие с 2017 г. [24, 25]. Технология ИЛП для изделий машиностроения описана в работах Е. В. Судова и коллектива ученых НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» [13].

Отличительной особенностью отраслевого подхода к продвижению наукоемкой проекции на международный экспортный рынок является применение экспортного маркетинга. Для зарубежного заказчика СТЭ имеет стоимость, в несколько раз выше стоимости изделия. В связи с чем зарубежный заказчик желает получить гарантии надежности, а при наличии сбоев и повреждений – гарантии своевременного восстановления работоспособности изделия. Агентами выступают технические специалисты, к которым относятся, согласно тарифной сетке и квалификационному справочнику должностей, инженеры (по категориям), монтажник, регулировщик РЭА, программист и другие специалисты, обозначенные в АОМ как n -агенты. В моделировании применяется искусственно созданная среда технической эксплуатации. *К техническим параметрам* относятся: плановый период технического обслуживания (время, период); количество агентов, сценариев, неисправностей; количество элементов из состава запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП). *К экономическим параметрам* от-

носятся: затраты на выполнение сценария по техническому обслуживанию и ремонту; средняя цена произведенных при варианте работ в ценах для зарубежного заказчика; стоимость комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей; издержки превышения/занижения плана; расчетный показатель экономической прибыли. Выявляется зависимость экономических параметров от выбранного сценария поведения агента при лимитах и ограничениях.

Основной целью данного исследования является разработка информационных моделей, использование которых дает возможность отечественному производителю и зарубежному заказчику моделировать СТЭ, а также для российского производителя наукоемкой продукции включать АОМ в стратегический экспортный маркетинг.

Введенные в ходе исследования обозначения, сокращения, а также применяемая терминология приведены в таблице 1.

Таблица 1. Термины и определения, применяемые при разработке агент-ориентированной модели поведения технического специалиста (агента) в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации

Table 1. Terms and definitions used in the development of an agent-oriented model of the behavior of a technical specialist (agent) in an artificially created environment of a technical operation system

| № п/п | Термин | Сокращение | Определение |
|-------|--|------------|--|
| 1. | Наукоемкое изделие | – | Изделие отрасли связи и информатизации, представленное в виде зданий и антенных сооружений с высокой степенью заводской готовности и модульным принципом размещения аппаратуры и оборудования, конструкция которого легко модернизируется на объекте эксплуатации зарубежного заказчика. |
| 2. | Зарубежный заказчик | – | Зарубежная страна, заинтересованная в приобретении наукоемкого изделия у отечественного производителя. |
| 3. | Плановый период | ПП | Период времени, за который технический специалист проводит техническое обслуживание и ремонт, выполняет функции по восстановлению работоспособности изделия. |
| 4. | Длина планового периода для специалиста n (n – номер специалиста, t – порядковый номер планового периода) | – | Установленный период времени (день, месяц, год), необходимый для достижения результата, предусмотренного планом технического обслуживания. Для каждого специалиста n имеется порядковый номер t . |
| 5. | Функция восстановления работоспособности изделия | ФВ | Работы, выполняемые техническим специалистом при восстановлении работоспособности изделия (виды работ: монтаж, пайка, регулировка, калибровка, визуальный осмотр, отладка программного обеспечения и др.). |
| 6. | Виды неисправностей по ИЛП ГОСТ Р 56111 | – | Варианты неисправностей (e) – повреждение, отказ, эксплуатационное повреждение, сбой программы, эксплуатационное происшествие. |
| 7. | Сценарий поведения технического специалиста | СП | Поведение технического специалиста в системе технической эксплуатации в зависимости от варианта неисправности (e) изделия, где сценарий поведения представлен технологическими картами, инструкциями, руководствами по эксплуатации для подсистем изделия и другой организационно-распорядительной документации. |
| 8. | Затраты сценария поведения технического специалиста из n вариантов | Затраты СП | Затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией поведения из n вариантов. |

| | | | |
|-----|--|---------------------------------|--|
| 9. | Система технической эксплуатации | СТЭ | Совокупность взаимосвязанных технических, экономических, управленческих и инженерных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном и исправном состоянии (в данном исследовании рассматривается СТЭ на объекте эксплуатации зарубежного заказчика). |
| 10. | Запасные части, инструмент и принадлежности по ЕСКД ГОСТ 2.601 | ЗИП | Ведомость ЗИП – документ, содержащий номенклатуру, назначение, количество, места хранения запасных частей, инструмента и принадлежностей, расходуемых при проведении технического обслуживания и ремонта. |
| 11. | Одиночный комплект ЗИП по ЕСКД ГОСТ 27.507 | ЗИП-О/ SPTA local package | Набор запасных частей, инструмента и принадлежностей, необходимый для проведения технического обслуживания и ремонта для одного изделия. |
| 12. | Групповой комплект ЗИП по ЕСКД ГОСТ 27.507 | ЗИП-Г/ SPTA group package | Набор запасных частей, инструмента и принадлежностей, необходимый для технического обслуживания и ремонта для группы изделий или одного наукоемкого изделия, представленного отдельно стоящими зданиями и сооружениями. |
| 13. | Искусственно созданная среда системы технической эксплуатации | ИСС СТЭ | Размещение изделия, складов ЗИП, мест проживания персонала, транспортных средств доставки ЗИП с учетом GIS-локации изделия в зарубежной стране. ИСС СТЭ создается в программном комплексе имитационного моделирования «Mercury». |
| 14. | Нормировочный коэффициент для цен | k | Нормировочный коэффициент, который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика. |

В исследовании рассматривается поведение агентов в искусственно созданной среде СТЭ, где прогнозируется поведение n -го агента при лимитах и ограничениях. Агенты имеют сценарии поведения (технологические карты, инструкции и др.). В зависимости от вида неисправности каждый агент самостоятельно принимает решение по восстановлению работоспособности изделия. Функция поведения агента является подмножеством множества всех вариантов поведения G_n .

Допустим, что имеется функция поведения агента, которая зависит от варианта неисправности $F(a_{n,e})$, тогда существует вероятность выбора n -агентом сценария, и от варианта неисправности (e) – вероятность выбора $P(F(a_{n,e}))$. Допустим, что имеется x^e – реализация случайной величины x (возникновение неисправности), полученная в статистическом испытании с помощью имитационной модели, в соответствии с законом распределения $f(x)$.

На примере технологической карты устранения неисправности имеем следующий порядок: агент выполняет работы по восстановлению программного обеспечения на одном из блоков изделия. Агент принимает решение о замене неисправного блока. С этой целью он использует новый исправный блок из комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) и выполняет ремонтно-восстановительные работы. Предполагается, что для всех видов неисправностей имеется полная комплектация ЗИП. В данном случае имеются затраты на сценарий ремонтно-восстановительных работ. При множестве сценариев затраты выражаются как $z(F(a_{n,e}))$ – затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией $F(a_{n,e})$.

Представим функцию $f(z(F(a_{n,e})))$ как функцию распределения затрат на осуществление n -агентом варианта поведения $f(F(a_{n,e}))$. Математическое ожидание затрат на осуществление агентом n варианта поведения $F(a_{n,e})$ представляется как сумма произведений всех возможных вариантов поведения технического специалиста $F(a_{n,e})$ на вероятность воз-

никновения неисправности (e) – $M\{z(F(a_n, e))\}$, что показывает средне-ожидаемый исход события. Основной задачей исследования является разработка такой СТЭ, которая способна обеспечить своевременное восстановление работоспособности изделия в установленный зарубежным заказчиком промежуток времени силами и средствами специалистов. Автором предложена АОМ поведения агента в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации зарубежного заказчика с учетом выявления и описания взаимосвязей технических и экономических параметров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работах российских ученых В. Л. Макарова, А. Р. Бахтизина, Е. Д. Сушко в агент-ориентированном моделировании применяется теория функциональных систем советского физиолога П. К. Анохина, которая основана на закономерностях мозговой организации поведения и деятельности для модели управления адаптивным поведением [2]. Теория агентов и многоаспектных систем становится популярной и все чаще применяется для описания сложных динамических систем. В монографии И. В. Трегуб «Математические модели динамики экономических систем» приводятся практические примеры разработки моделей [15]. Первая АОМ была разработана Д. Паркером и Д. Эпштейном для сценария профилактических мероприятий в отношении вирусного заболевания. Последние современные модели АОМ посвящены прогнозированию численности населения. АОМ демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода представлена в работах российских ученых. В этих исследованиях авторы прогнозируют демографические изменения, возрастную-половую структуру населения на будущие периоды, миграционные потоки и др. [31]. АОМ требует новых подходов к мышлению, включая подход дизайн-мышления. В эпоху цифровой экономики дизайн-мышление дает возможность применить инновационные подходы к моделированию и «...перенаправить от привычных способов суждения об объекте к нетрадиционному решению, что помогает разработать инновацию, основанную на сочувствии к боли потребителя (основанную на требованиях зарубежного заказчика)» [27]. В исследованиях зарубежных авторов применяется феноменологический подход к описанию поведения участников, связанных с выполнением сложных технологических решений, отмечается их неспособность к выполнению операций в связи с перегрузкой (техностресс) [29, 30]. Требуется отметить, что отечественными учеными проведен критический анализ отечественного и зарубежного опыта разработки АОМ, авторами выносятся предложения о необходимости разработки отдельного первого русскоязычного стандарта описания агент-ориентированных моделей с учетом отечественного опыта, применяемой терминологии, понятий и определений [30].

Для восстановления работоспособности изделия агент использует элементы запасных частей, инструмента и принадлежностей для ремонтно-восстановительных работ по сценарию.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА В ИСКУССТВЕННО СОЗДАННОЙ СРЕДЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Модель поведения агента-специалиста зависит от неисправности изделия, сценариев поведения, наличия требуемого элемента запасных частей, инструмента и принадлежностей, а также затрат на выполнение работ по сценарию. На рисунке 1 изображено размещение агентов в искусственно созданной среде СТЭ.

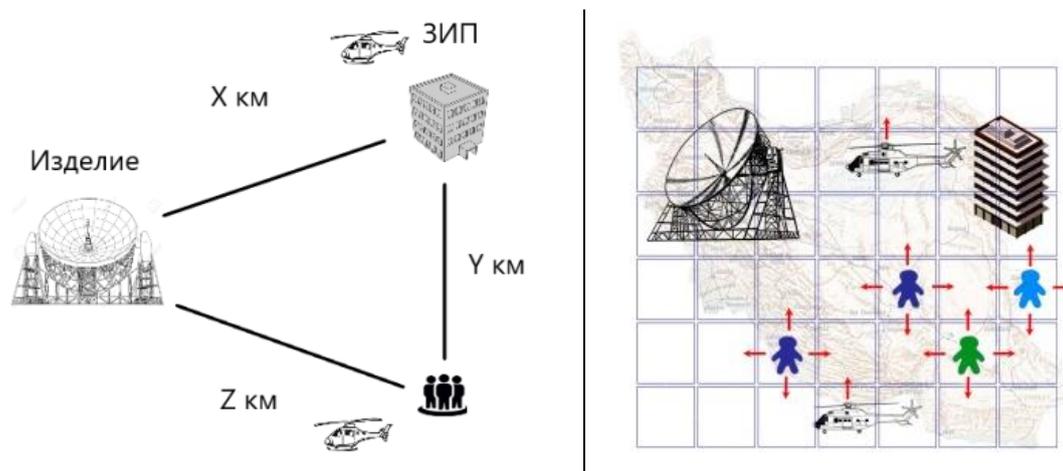


Рис. 1. Схема размещения агентов в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации: в евклидовом пространстве¹ $(x, y) - 2D$ (слева – плоскость), GIS-локация изделия в системе технической эксплуатации в зарубежной стране (x – широта, y – долгота, t – время) – $3D$ (справа) (составлено автором)

Fig. 1. Scheme of placement of agents in an artificially created environment of the technical operation system: in Euclidean space $(x, y) - 2D$ (left – plane), GIS location of the product in the technical operation system in a foreign country (x – latitude, y – longitude, t – time) – $3D$ (right) (compiled by the author)

При разработке информационных моделей поведения агента в СТЭ используется теория многоагентного имитационного моделирования доктора технических и экономических наук, профессора, академика РАЕН Г. В. Росса и соавт. [14].

Введем следующие обозначения:

$T_{n,t}$ – длина планового периода для специалиста n (n – номер специалиста, t – порядковый номер планового периода);

x^e – реализация случайной величины x , полученная в статистическом испытании e с помощью имитационной модели (ИМ) в соответствии с законом $f(x)$;

e – вариант неисправности;

n – номер технического специалиста;

$F(a_{n,e})$ – функция варианта поведения технического специалиста в зависимости от варианта неисправности;

$P(F(a_{n,e}))$ – вероятность выбора сценария поведения специалиста в зависимости от варианта неисправности;

$z(F(a_{n,e}))$ – затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией поведения $F(a_{n,e})$;

G_n – множество всех вариантов поведения, где $F(a_{n,e}) \in G_n$ – функция поведения технического специалиста является подмножеством множества всех вариантов поведения.

Допустим, что функция варианта поведения агента в зависимости от варианта неисправности $F(a_{n,e})$, тогда

$$\sum_{n=1}^m F(a_{n,e}) \in G_n \text{ – сумма всех вариантов поведения.}$$

¹Евклидово пространство – физическая геометрия нескольких измерений, к которым относится размерность, равная 3 (x ; y ; z), где четырехмерное пространство (4D) – математический объект, обобщающий свойства трехмерного пространства и времени (x , y , z , t), а комплексное евклидово пространство бесконечной размерности называется комплексным гильбертовым пространством

В АОМ автора используется закон распределения затрат, связанный с функциями восстановления работоспособности изделия, т.е. проведение ТОиР силами специалистов с использованием элементов запасных частей, инструмента и принадлежностей. Допустим, что

$f(z(F(a_{n,e})))$ – закон распределения затрат на осуществление специалистом n варианта поведения $f(F(a_{n,e}))$;

$M\{z(F(a_{n,e}))\}$ – математическое ожидание затрат на осуществление специалистом n варианта поведения $F(a_{n,e})$;

k – нормировочный коэффициент для цен, который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика.

Допустим, что имеется план работ по техническому обслуживанию – PL_n . Выполняемые агентом ремонтно-восстановительные работы могут быть по стоимости как выше, так и ниже плана, тогда:

$\Psi_{1,e}(PL_n)$ – издержки завышения плана PL_n по техническому обслуживанию;

$\Psi_{2,e}(PL_n)$ – издержки занижения плана PL_n по техническому обслуживанию.

Издержки занижения/завышения плана возникают от несовпадения факта и плана работ по техническому обслуживанию (ТО). Издержки завышения плана возникают тогда, когда элементы запасных частей, инструмента и принадлежностей не востребованы (излишнее комплектование ЗИП), пролеживают на складе и ресурс работоспособности элементов ЗИП истекает во времени. Издержки занижения плана возникают тогда, когда элементов запасных частей, инструмента и принадлежностей не хватает для проведения ремонтно-восстановительных работ и требуется увеличение комплекта ЗИП, которого нет на объекте эксплуатации зарубежного заказчика, и как следствие предприятие имеет упущенную прибыль от недоукомплектования ЗИП и штрафные санкции за простой изделия. Зарубежный заказчик выставляет штрафные санкции как к избытку элементов в комплекте ЗИП, так и к недоукомплектованию ЗИП. Для экспортируемых наукоемких изделий план ТО утверждается однократно. На практике комплектования ЗИП имеется либо риск недоукомплектования, либо риск избыточного комплектования, где риск завышения – это математическое ожидание издержек завышения, риск занижения – это математическое ожидание издержек занижения. Издержки завышения – это затраты на комплектование элементов ЗИП, которые оказались не востребованы. Издержки занижения – это затраты на комплектование ЗИП, включая стоимость элементов ЗИП, которые могли бы быть проданы. Для проведения работ по ТОиР утвержден план ТО и определена ставка ЗИП, в связи с чем возникает риск завышения или занижения издержек. План, при котором абсолютная разность риска завышения и риска занижения обращается в нуль, является оптимальным ((1.18)–(1.15) стр. 48) [18]. Экспортируемое изделие доставляется на объект эксплуатации зарубежного заказчика с комплектами ЗИП однократно морским или речным видами транспорта [20, 21].

Введем обозначение $r(PL_n)$ – прибыль (расчетный показатель экономической прибыли) при плане PL_n ². Представим искусственно созданную среду системы технической экс-

² Среди существующих видов прибыли, таких как общая, бухгалтерская, чистая, нормальная, предельная, автором используется экономическая прибыль. В исследовании экономическая прибыль подразумевает разницу между доходами и издержками, а именно: между суммарной стоимостью комплектов ЗИП и затратами на выполнение технического обслуживания минус издержки завышения/занижения плана.

плуатации и введем правила для множеств. Рассмотрим правила на множестве всех вариантов ТО поведения n -агента в системе технической эксплуатации.

а) Правило установления закона распределения вероятностей на множество из всех вариантов поведения агента G_n . Лимит ограничивает возможные варианты поведения агента n . Если некоторый вариант $F(a_{n,e}) \in G_n$ при заданном лимите $(D_{n,t})$ недоступен (например, запрещение агенту выполнять ремонтно-восстановительные работы при напряжении в сети ниже, чем 180 вольт), то для этого варианта полагаем, что $P(F(a_{n,e}))=0$. Для доступных вариантов полагаем, что вероятность $P(F(a_{n,e}))$ пропорциональна $c_i P_i(F(a_{n,e}))$, где c_i – цена, назначенная предприятием за выполнение работ ТОиР:

$$P(F(a_{n,e})) = \frac{c_i P_i(F(a_{n,e}))}{\sum_{i=1}^I c_i P_i(F(a_{n,e}))}. \quad (1)$$

Содержательный смысл правила состоит в том, что вероятность варианта поведения тем больше, чем с большей вероятностью агент способен выполнить вариант проведения ремонтно-восстановительных работ при заданном лимите возможных вариантов поведения агента n .

б) Правило введения отношения порядка на G_n .

Технический специалист решает вопросы восстановления работоспособности изделия сначала с учетом наименьших затрат и упорядочивает по мере убывания цены. Упорядочивает информационные события (ИС) по мере убывания цены, то есть $c_{i+1} > c_i$. Пусть h – количество наиболее ценных ИС (накапливается база данных по неисправностям для различных случаев их возникновения по ГОСТ ИЛП (см. п. 6 таблицы 1 – повреждение, отказ, эксплуатационное повреждение, сбой программы, эксплуатационное происшествие)). Очевидно, что $h \leq I$. При этом $1 - P_i(F(a_{n,e}))$ – вероятность неполучения ИР₁ при варианте поведения $F(a_{n,e})$;

$$\prod_{i=1}^h (1 - P_i(F(a_{n,e}))) - \quad (2)$$

вероятность неполучения информации при этом варианте поведения специалиста;

$$P_h(F(a_{n,e})) = 1 - \prod_{i=1}^h (1 - P_i(F(a_{n,e}))) -$$

вероятность выполнения операции по ТОиР с положительным исходом, в результате которой получена полезная информация (P_h).

С помощью функции $P_h(F(a_{n,e}))$ введем отношение порядка на G_n : если $P_h(F(a_{n,e})) > P_h(F(a_{n,e1}))$, то полагаем $F(a_{n,e}) > F(a_{n,e1})$. Из этого можно сделать вывод, что анализ неисправностей с положительным исходом имеет набор структурированных данных: (система – подсистема – агрегат – блок – узел – ячейка – это иерархическая структура изделия); код неисправности (какая неисправность); элемент ЗИП (элемент на замену из комплекта ЗИП); технический специалист (категория технического персонала, допущенная к выполнению работ по сценарию с указанием стоимости работ по ТОиР).

в) Правило нормирования цен.

Нормировочный коэффициент k , который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение варианта поведения, т.е. нормировочный коэффициент k уравнивает среднюю сумму

затрат на выполнение агентом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика:

$$\frac{\sum_{\forall F a_n} z(F a_n) P(z(F(a_n)))}{\text{card}\{G_n\}},$$

где $\text{ard}\{G_n\}$ – мощность множества, показывает, сколько существует способов для выбора из n вариантов различных элементов k , т.е. число сочетаний из n по k [14, 16, 19], и среднюю цену произведенных при этом варианте событий:

$$\frac{\sum_{\forall F a_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}{\text{card}\{G_n\}},$$

т.е.:

$$\frac{\sum_{\forall F a_n} z(F(a_n) P(z(F(a_n))))}{\text{card}\{G_n\}} = k \frac{\sum_{\forall F a_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}{\text{card}\{G_n\}}$$

и

$$k = \frac{\sum_{\forall F a_n} z(F(a_n)) P(z(F(a_n)))}{\sum_{\forall F a_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}.$$

г) *Издержки завышения* – затраты $z(F(a_{n,e}))$.

д) *Издержки занижения* – цена всех информационных событий по поиску неисправностей с положительным исходом (неисправность найдена и устранена):

$$k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(F(a_n)). \quad (3)$$

е) *Расчетный показатель прибыли* ($r(PL_n)$) – финансовый показатель, который равен разности цен информационных событий по поиску и устранению неисправностей с положительным исходом и затрат на их выполнение:

$$r(PL_n) = k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z^e(PL_n). \quad (4)$$

Если $r(PL_n) > 0$, то выходит, что прибыль получается при возрастании количества ценных информационных событий, способствующих наращиванию базы данных по неисправностям (структурированной базы данных) таким образом, что если $r(PL_n) > 0$, то это прибыль, а если $(PL_n) < 0$ – убытки.

ж) *Математическая модель планирования варианта поведения агента* на предстоящий плановый период:

$$F(a_{n,e}) = p_0(D_{n,t}) \quad (5)$$

$$\Psi_{1,e}(PL_n) = p_1(PL_n, F(a_{n,e})), PL_n > F(a_{n,e})$$

$$\Psi_{2,e}(PL_n) = p_2(PL_n, F(a_{n,e})), PL_n \leq F(a_{n,e})$$

$$\frac{\min}{PL \in V_n} \left\{ \frac{\max}{l \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_l(PL_n)\}\} \right\} \quad (6)$$

$$r(PL_n) = k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z(PL_n), \quad (7)$$

где p_0 – ИнформМодель, позволяющая в статистических испытаниях получать реализации варианта поведения $F(a_{n,e}) \in G_n$ при заданном $D_{n,t}$ согласно закону распределения вероятностей, установленному по правилам а);

p_1 – ИнформМодель расчета издержек завышения плана по правилам д) с учетом отношения порядка на G_n , введенного по правилам б);

p_2 – ИнформМодель, которая позволяет в статистических испытаниях получать реализацию издержек занижения плана по правилам е) с учетом отношения порядка на G_n , введенного по правилам б), где k – нормировочный коэффициент, рассчитанный по правилам г), расчетный показатель рассчитывается по правилам е).

Человеческий фактор включает риски, которые могут реализоваться в процессе функционирования коллектива специалистов даже при выборе оптимального поведения. Компенсация этих рисков может обеспечиваться экономическими механизмами страхования информационных рисков [14]:

$$\frac{\min}{PL \in V_n} \left\{ \frac{\max}{l \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_l(PL_n)\}\} \right\}.$$

Компенсация этих рисков обеспечивается механизмами страхования информационных рисков [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Опираясь на исследования авторов по агент-ориентированному моделированию [3, 5, 6–9] и ИЛТ [17], а также на принципы разработки мультиагентных систем (МАС) [14], автором разработана агент-ориентированная модель поведения технического специалиста в искусственно созданной среде СТЭ зарубежного заказчика. Определено, что в соответствии с правилом установления закона распределения вероятностей на множество всех вариантов поведения G_n вероятность варианта поведения агента тем больше, чем с большей вероятностью он способен выполнить вариант проведения ТОиР при заданных лимитах (1). Определена вероятность неполучения информации при варианте поведения специалиста, т.е. когда при проведении работ нет информации с положительным исходом о ремонте и найденной неисправности (2). Из этого можно сделать вывод, что анализ неисправностей с положительным исходом имеет набор структурированных данных: (иерархическая структура изделия: система – подсистема – агрегат – блок – узел – ячейка); код неисправности (какая неисправность); элемент ЗИП (элемент на замену из комплекта ЗИП); технический специалист (категория технического персонала, допущенная к выполнению работ по сценарию с указанием стоимости работ по ТОиР).

В соответствии с правилом нормирования цен нормировочный коэффициент уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика (3). Расчетный показатель прибыли равен разности цен информационных событий по поиску и устранению неисправностей с положительным исходом и затрат на их выполнение (4).

Информационная модель планирования варианта поведения специалиста на предстоящий плановый период определена, позволяет в статистических испытаниях получать реализации варианта поведения агента $F(a_{n,e}) \in G_n$ при заданном лимите ($D_{n,t}$) согласно закону распределения вероятностей, установленному по правилам: Правило установления закона распределения вероятностей на множество из всех вариантов поведения агента G_n и Правило введения отношения порядка на G_n (5), с учетом расчета издержек завышения плана (6) и издержек занижения плана (7).

В результате проведенного исследования автором выявлена зависимость реализации варианта поведения агента $F(a_{n,e})$ при заданном лимите с учетом издержек завышения/занижения плана. Разработанная АОМ является частью исследования методологии моделирования комплекса мероприятий, включая разработку маркетинг-решения по продвижению наукоемкого изделия и услуг по проектированию СТЭ [20, 27]. Стратегический экспортный маркетинг рассматривает продвижение продукции на экспортный рынок, усиливает потребительские свойства товара (изделия), предоставляет дополнительные услуги по моделированию и проектированию системы технической эксплуатации на полном жизненном цикле наукоемкой продукции. Жизненный цикл изделия складывается из составляющих: стоимость изделия и комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП); затраты на здания и сооружения, оплату труда персонала, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР); обучение персонала, утилизацию ((1.2) стр. 14) [17]. Для расчетов комплектов ЗИП по номенклатуре и стоимости комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей автором разработана и опубликована «Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей экспортируемых наукоемких изделий» [22]. В зависимости от унифицированных правил мировой торговли и правил транспортирования отечественной наукоемкой продукции представлено моделирование внешнеторгового контракта [23]. АОМ легла в основу имитационного моделирования СППР [29], а выбор метода моделирования описан в [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С научной точки зрения агент-ориентированное моделирование развивает инструментальные методы экономики и теории стратегического экспортного маркетинга. Стратегический экспортный маркетинг изыскивает такое маркетинг-решение, которое повышает потребительскую ценность товара (экспортируемого изделия). Для зарубежного заказчика отечественный производитель предлагает дополнительную услугу по проектированию СТЭ, посредством агент-ориентированного моделирования прогнозирует поведение технических специалистов в искусственно созданной среде, при этом зарубежный заказчик использует информационные модели и принимает решение о выборе технического персонала (российских специалистов или специалистов зарубежной страны), а информационные модели показывают вероятность работ при заданном лимите возможных вариантов поведения агента n .

Научная проблема, на решение которой направлено исследование, заключается в развитии теоретических и методологических вопросов применения математических и инструментальных методов экономики, теории экспортного маркетинга, маркетинговой деятельности хозяйствующих субъектов отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель автономных агентов с основными биологическими потребностями и мотивациями // Труды научно-исследовательского института системных исследований РАН. 2023. Т. 13. № 1–2. С. 37–45. DOI: 10.25682/NIS/.2023.1-2.0006
2. Анохин П. К. – советский физиолог, создатель теории функциональных систем. https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,_Пётр_Кузьмич
3. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель самоорганизации автономных агентов в децентрализованной среде // Проблемы управления. 2021. № 2. С. 42–51. DOI: 10.25728/ru.2021.2.4
4. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель поиска инвестиционных решений автономными агентами в прозрачной конкурентной среде // Искусственный интеллект и принятие решений. 2019. № 2. С. 98–108. DOI: 10.14357/20718594190210

5. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р. Современные инструменты моделирования социально-экономических процессов // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2024. № 1(76). С. 21–32. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-21-32
6. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экологии региона // Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. № 1(45). С. 151–171. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6
7. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. Агент-ориентированный подход при моделировании трудовой миграции из Китая в Россию // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 2. С. 331–341. DOI: 10.17059/2017-2-1
8. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. и др. Агент-ориентированные модели. М.: Департамент науч. изданий ГАУГН, 2022. 196 с.
9. Бахтизин А. Р., Макаров Л. В., Логинов Е. Л. И др. Гибридные войны в макроэкономической суперсистеме XXI века // Экономические стратегии. 2023. Т. 25. № 2(188). С. 6–23. DOI: 10.33917/es-2.188.2023.6-23
10. Россошанская Е. А., Дорошенко Т. А., Самсонова Н. А. и др. Агент-ориентированная модель Дальнего Востока как инструмент поддержки принятия управленческих решений // Государственное управление. Электронный вестник. 2022. № 94. С. 203–224. DOI: 10.24412/2070-1381-2022-94-203-224
11. Полтерович В. М. Экономический рост в условиях санкций: стратегия позитивного сотрудничества и экономика отечественного цикла // Системное моделирование социально-экономических процессов. Труды 46-й Международной школы-семинара. 2024. С. 50–55.
12. Агеев А., Логинов Е., Макаров В. и др. Моделирование последствий ядерного удара // Экономические стратегии. 2022. Т. 24. № 4(184). С. 6–16. DOI: 10.33917/es-4.184.2022.6-16
13. НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». Продукты. Программные обеспечения. <https://cals.ru/products> (дата обращения: 14.08.2024).
14. Росс Г. В., Конявский В. А., Медведев В. В. Модель интеллектуального планирования поведения робота в коллективе роботов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 1(103). С. 65–81. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81
15. Трегуб И. В. Математические модели динамики экономических систем: монография. М.: Русайнс, 2020. 162 с.
16. Прокопенко Н. Ю. Дискретная математика. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. 251 с.
17. Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделия машиностроения. М.: Издательский дом «Информбюро», 2006. 232 с.
18. Лихтенштейн В. Е., Росс Г. В. Информационные технологии в бизнесе. Практикум: применение системы Decision в микро- и макроэкономике: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2008. 512 с.
19. Гисин В. Б. Дискретная математика: учебник и практикум для среднего и профессионального образования: 2-е изд., пер и доп. М.: Юрайт, 2024. 468 с.
20. Веретехина С. В. Методология моделирования комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта наукоемкой продукции // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2023. № 9. С. 95–110. EDN: JAEODN
21. Веретехина С. В. Выявление факторов управления стоимостью интегрированной логистической поддержки ситуационной модели экспорта // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 279–284. EDN: MESFZE
22. Веретехина С. В. Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей экспортируемых наукоемких изделий // Russian Economic Bulletin. 2021. Т. 4. № 5. С. 108–121. EDN: PRZSMO

23. Веретехина С. В. Технология экспорта: экономико-математическое моделирование внешнеторгового контракта // Вопросы новой экономики. 2022. № 4(64). С. 46–56. DOI: 1052170/1994-0556_2022_64_46-56
24. ИЛП ГОСТ Р 53393 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения <https://cals.ru/ndocs> (дата обращения: 14.08.2024).
25. ИЛП ГОСТ Р 53394 Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения <https://cals.ru/ndocs> (дата обращения: 14.08.2024).
26. Вусс Г. В., Кривошеев В. А., Вихорев С. В. и др. Страхование информационных рисков // Банки и технологии. 1999. № 4. С. 73–81. EDN: MVOVHK
27. Vasilieva E. Engenering education and a new paradigm of project thinking // Communication in computer and information science. 2020. Vol. 1201. Pp. 42–51.
28. Veretekhina S.V. Mathematical of indicator of the indicator system: the choice of the modeling method // Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021-2467. 2022. P. 050003. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49157669&pff=1>
29. Kūçūkcivil B., Gargalik E., Koçyiğit M. et al. Üniversitelerde Dijital Eğitim-Öğretim Faaliyetleri ve Teknostres: İletişim Akademisyenleri Üzerine Bir Araştırma. Turkey [англ. Digital education-teaching activities and technostress at universities: a research on communication academy students] // Rciyes contact me dergis. 2023. Vol. 11(1). Pp. 105–134. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66076701>
30. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Rossoshanskaya E.A. et al. Problems of standardization agent-based model description and possible ways to solve them // Herald of Russian Academy of Science. 2023. Vol. 93. No. 4. Pp. 239–248. DOI: 10.1134/s1019331623020119
31. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Хуа Л. и др. Долгосрочное демографическое прогнозирование // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93. № 1. С. 21–35. DOI: 10.31857/S0869587323010048
32. Веретехина С. В., Веретехин В. В. Система поддержки принятия решений для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2023. № 9. С. 110–125. EDN: QJUQPH

REFERENCES

1. Sokhova Z.B., Redko V.G. Model of autonomous agents with basic biological needs and motivations. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta sistemnykh issledovaniy RAN* [Transactions of the Research Institute for Systems Research of the Russian Academy of Sciences]. 2023. Vol. 13. Issue 1–2. Pp. 37–45. DOI: 10.25682/NIIS/.2023.1-2.0006. (In Russian)
2. Anokhin P.K. – Soviet physiologist, creator of the theory of functional systems. https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,_Пётр_Кузьмич. (In Russian)
3. Sokhova Z.B., Redko V.G. Model of self-organization of autonomous agents in a decentralized environment. *Control Sciences*. 2021. Vol. 2. Pp. 29–37.
4. Sokhova Z.B., Redko V.G. A model for searching for investment decisions by autonomous agents in a transparent competitive environment. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy* [Artificial Intelligence and Decision Making]. 2019. No. 2. Pp. 98–108. DOI: 10.14357/20718594190210. (In Russian)
5. Makarov L.V., Bakhtizin A.R. Modern tools for modeling socio-economic processes. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya* [Economy of the North-West: problems and development prospects]. 2024. No. 1(76). Pp. 21–32. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-21-32. (In Russian)
6. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Agent-oriented model as a tool for regulating regional ecology. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii* [Journal of the New Economic Association]. 2020. No. 1(45). Pp. 151–171. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6. (In Russian)

7. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Ageeva A.F. Agent-based approach to modeling labor migration from China to Russia. *Ekonomika regiona* [Economy of the region]. 2017. Vol. 13. Issue. 2. Pp. 331–341. DOI: 10.17059/2017-2-1. (In Russian)
8. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Sidorenko M.Yu., Khabriev B.R. Agent-based models: study guide. Moscow: Departament nauch. izdaniy GAUGN, 2022. 196 p. (In Russian)
9. Bakhtizin A.R., Makarov L.V., Loginov E.L. et al. Hybrid wars in the macroeconomic supersystem of the 21st century. *Ekonomicheskiye strategii* [Economic strategies]. 2023. Vol. 25. No. 2 (188). P. 6–23. DOI: 10.33917/es-2.188.2023.6-23. (In Russian)
10. Rossoshanskaya E.A., Doroshenko T.A., Samsonova N.A. et al. Agent-oriented model of the Far East as a tool for supporting management decisions. *Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik* [Public administration. Electronic Bulletin]. 2022. No. 94. Pp. 203–224. DOI: 10.24412/2070-1381-2022-94-203-224. (In Russian)
11. Polterovich V.M. Economic growth under sanctions: strategy of positive cooperation and the economy of the domestic cycle. *Sistemnoye modelirovaniye sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov. Trudy 46-oy Mezhdunarodnoy shkoly-seminara* [System modeling of socio-economic processes. Proceedings of the 46th International School-Seminar]. 2024. Pp. 50–55. (In Russian)
12. Ageev A., Loginov E., Makarov V., Bakhtizin A., Grabchak E.P. Modeling the consequences of a nuclear strike. *Ekonomicheskiye strategii* [Economic strategies]. 2022. Vol. 24. No. 4(184). Pp. 6–16. DOI: 1033917/es-4.184.2022.6-16. (In Russian)
13. Research Center of CALS-technologies "Applied Logistics". Products. Software. <https://cals.ru/products> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
14. Ross G.V., Konyavsky V.A., Medvedev V.V. Model of intelligent planning of behavior of robot in a robot team. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics]. 2023. Vol. 18. No. 1(103). Pp. 65–81. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81. (In Russian)
15. Tregub I.V. *Matematicheskiye modeli dinamiki ekonomicheskikh sistem* [Mathematical models of the dynamics of economic systems]: monograph. Moscow: Rusayns, 2020. 162 p. (In Russian)
16. Prokopenko N.Yu. *Diskretnaya matematika* [Discrete Mathematics]: uchebnoye posobiye [Study Guide]. N. Novgorod: NNGASU. 2016. 251 p. (In Russian)
17. Sudov E.V., Levin A.I., Petrov A.V., Chubarova E.V. *Tekhnologii integrirovannoy logisticheskoy podderzhki izdeliya mashinostroyeniya* [Technologies of integrated logistics support of mechanical engineering products]. Moscow: Izdatel'skiy dom «Informbyuro», 2006. 232 p. (In Russian)
18. Likhtenshtein V.E., Ross G.V. *Informatsionnyye tekhnologii v biznese* [Information technologies in business]. Workshop: application of the Decision system in micro and macroeconomics. Moscow: Finansy i statistika, 2008. 512 p. (In Russian)
19. Gisin V.B. *Diskretnaya matematika: uchebnyy i praktikum dlya srednego i professional'nogo obrazovaniya* [Discrete mathematics: textbook and workshop for secondary and vocational education]. 2nd ed., trans. and add. Moscow: Yurait, 2024. 468 p. (In Russian)
20. Veretekhina S.V. Methodology for modeling a set of measures for integrated logistics support for the export of high-tech products. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem* [Forging and stamping production. Processing of materials by pressure]. 2023. No. 9. Pp. 95–110. EDN: JAEODN. (In Russian)
21. Veretekhina S.V. Identification of factors for managing the cost of integrated logistics support for a situational export model. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments]. 2023. No. 7. Pp. 279–284. EDN: MESFZE. (In Russian)
22. Veretekhina S.V. Methodology for calculating sets of spare parts, tools and accessories for exported high-tech products. *Russian Economic Bulletin*. 2021. Vol. 4. No. 5. Pp. 108–121. EDN: PRZSMO

23. Veretekhina S.V. Export technology: economic and mathematical modeling of a foreign trade contract. *Voprosy novoy ekonomiki* [Issues of the new economy]. 2022. No. 4(64). Pp. 108–116. DOI: 1052170/1994-0556_2022_64_46-56. (In Russian)
24. *ILP GOST R 53393 Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnyye polozheniya* [ILP GOST R 53393 Integrated logistics support. Basic provisions]. <https://cals.ru/ndocs> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
25. *ILP GOST R 53394 Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnyye terminy i opredeleniya* [ILP GOST R 53394 Integrated logistics support. Basic terms and definitions]. <https://cals.ru/ndocs> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
26. Vuss G.V., Krivosheev V.A., Vikhorev S.V. et al. Information risk insurance. *Banki i tekhnologii* [Banks and technologies]. 1999. No. 4. Pp. 73–81. EDN: MVOVHK. (In Russian)
27. Vasilieva E. Engenering education and a new paradigm of project thinking. *Communication in computer and information science*. 2020. Vol. 1201. Pp. 42–51.
28. Veretekhina S.V. Mathematical of indicator of the indicator system: the choice of the modeling method. *Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021-2467*. 2022. P. 050003. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49157669&pff=1>
29. Küçükcivil B., Gargalik E., Koçyiğit M. et al. Üniversitelerde Dijital Eğitim-Öğretim Faaliyetleri ve Teknostres: İletişim Akademisyenleri Üzerine Bir Araştırma. Turkey (англ. Digital education-teaching activities and technostress at universities: a research on communication academy students). *Rciyes İletişim Dergisi* (англ. *Rciyes contact me dergisi*). 2023. Vol. 11(1). Pp. 105–134. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66076701>
30. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Rossoshanskaya E.A., Doroshenko T.A., Samconova N.A. Problems of standardization agent-based model description and possible ways to solve them. *Herald of Russian Academy of Science*. 2023. Vol. 93. No. 4. Pp. 239–248. DOI: 10.1134/s1019331623020119.
31. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Khua L. et al. Long-term demographic forecasting. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2023. Vol. 93. No. 1. Pp. 21–35. DOI: 10.31857/S0869587323010048
32. Veretekhina S.V., Veretekhin V.V. Decision support system for the export of high-tech products based on the digital twin of the product. *Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem* [Pressure treatments of materials. Pressure treatments of materials]. 2023. No. 9. Pp. 110–125. EDN: QJUQPH. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Веретехина Светлана Валерьевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве РФ; 125167, Россия, Москва, пр-т Ленинградский, 49/2; veretehinas@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3014-5027>, SPIN-код: 7796-3457

Information about the author

Svetlana V. Veretekhina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Business Informatics of the Financial University under the Government of the Russian Federation; 125167, Russia, Moscow, 49/2 Leningradsky avenue; veretehinas@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3014-5027>, SPIN-code: 7796-3457