

УДК 004.89:336.76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТ-КОНТРАКТОВ С ОРАКУЛОМ В ВИДЕ ИИ-АГЕНТА В ДЕРИВАТИВАХ

М.А. Рогов (Дубна, Московская область)

По мере развития финансовой инженерии и современных технологий давно назревшая потребность в развитии методов *альтернативной передачи риска* (*Alternative Risk Transfer, ART*) получает новые перспективы. Актуальность проблемы передачи операционных и иных рисков на рынок помимо страховых программ чрезвычайно высока. Согласно отчету Willis. Tower Watson (WTW) в 2023 г. на рынке альтернативной (классическому страхованию) передачи риска (ATR) наблюдались следующие темпы роста: структурированные программы: +10%, параметрическое страхование от природных катастроф: от -5% до +10%; параметрические погодные программы: до +10%; портфельное страхование: от +25% до +40% в течение 3 лет (7 – 12% ежегодно); кэптивный стоп-лосс: до +5% [1]. Если бы такая возможность существовала, то сталкивающиеся с операционными рисками потенциальные хеджеры передавали бы их спекулянтам, готовым принять их и перераспределить на рынке путем портфельного управления, как это происходит с многими рыночными и кредитными рисками. Но имеющихся структурированных страховых программ, триггерных облигаций и производных контрактов на погоду не хватает для реализации этого механизма передачи риска. Дело в том, что страхование не охватывает многие риски, оно негибкое, дорогое, ёмкости страхового рынка не хватает, деривативы недостаточно развиты для управления многими рисками, особенно операционными. В работе предлагается потенциальное решение в виде телематического хеджирования. Портфель индексных деривативов на операционные и иные риски может быть реализован в форме смарт-контрактов с встроенным искусственным интеллектом (нейросетью нужной топологии) в аппаратном оракуле, реализованной в форме агента искусственного интеллекта (ИИ-агента).

В 2001 г. автором предложена «нейрофинансовая теория», основанная на аналогии между функциями активации нейронов и функциями выигрыша опционов, которая предполагала перспективу создания новых деривативов (портфелей) в виде топологии обученных нейронных сетей [2, 3, 4]. Сейчас, с ажиотажем вокруг ИИ-агентов, эта идея кажется очень доступной: деривативы с оракулом в виде ИИ-агента, то есть деривативы, базовыми активами которых являются результаты работы ИИ-агента по определённым спецификациям (смарт-контракты с ИИ-оракулом). Использование ИИ-агентов для создания деривативов для операционных рисков – чрезвычайно интересная и многообещающая идея, особенно в контексте Интернета вещей (IoT) и управления жизненным циклом активов. Давайте разберёмся, как это можно реализовать и какие аспекты следует учитывать.

Альтернативная передача риска (ART) – это различные инструменты распределения риска, отличающиеся от обычного страхования. Прежде всего речь идет о самостраховании, включая создание *резервов под риски* на предприятии (например, на медицинское обслуживание персонала), создание *общих пулов страхователей* (например, школ, работодателей), *кэптивное страхование* (когда группа компаний или холдинг включает страховые организации). Также принимать на себя риски экономические агенты могут, когда они выступают в форме инвесторов, соучаствующих в перестраховании и принимающих часть рисков страховщика, которому они доверяют андеррайтинг (*reinsurance sidecars*).

Другим способом передачи рисков является *секьюритизация*. Созданные в начале 1990-х годов *катастрофические облигации* (*cat bonds*) эмитируются специально

создаваемыми структурами (SPV) страховщиков и размещаются среди инвесторов, готовых нести убытки в случае, если происходит *триггерное событие* (например, ураган данной категории в данном регионе в данный период времени, повлекший убытки более определенного размера), в противном случае облигации погашаются. Еще одним известным видом инструментов хеджирования являются *погодные деривативы*, появившиеся на биржевом рынке в 1997 году на Чикагской бирже (СМЕ), расчет которых основан на накопленной разнице в суточных температурах относительно 18°C (64°F) в течение фиксированного периода, а также контракты на индикаторы ветра, осадков и прочих погодных явлений. Автором был запатентован способ формирования контракта по управлению рисками на индексы космической погоды: *Method for forming risk management contracts by means of a computer system* (Метод формирования контрактов управления рисками через компьютерную систему [5]. Существуют различные институты *рынка предсказаний* (*prediction market*), которые, по сути, тоже можно отнести к АТР, хотя это не принято.

К настоящему моменту уровень развития информационной среды, *интернета вещей* (*Internet of Things, IoT*) все чаще и лучше позволяет с оборудования, из производственных систем планирования ресурсов и внешней среды получать, верифицировать и обрабатывать технико-экономические и иные внутренние и внешние конъюнктурные данные о бизнес-процессах разного уровня, в том числе о загрузке, перемещении и состоянии оборудования, запасов и трудовых ресурсов. Эти факторы влияют на состояние активов и динамику рабочего капитала, оценку кредитоспособности бизнеса и страховых рисков. Подобный анализ используется, например, в современных технологиях *телематического страхования* автотранспортных средств, в которых тарификация на основе страхового скоринга аварийности и мошенничества использует результат интеллектуального анализа телеметрических данных о движении автомобиля, позволяющий учесть данные о его состоянии и о манере вождения водителя (*Usage-Based Insurance, UBI*). Оборудование собирает данные о скорости передвижения, угла и резкости совершения маневров и других параметрах, которые централизованно обрабатываются. Согласно прогнозу Market research report в феврале 2025 г., мировой рынок UBI вырастет с 43,38 млрд. долл. США в 2023 г. до 70,46 млрд. долл. США в 2030 г. [6].

Аналогично на предприятиях реального сектора после интеллектуальной обработки больших данных телематики в режиме реального времени могут формироваться те или иные показатели рисков, например, связанные с вероятностями отказов и ресурсов работы *индекс здоровья активов* (*Asset Health Index, AHI*) или другие факторы той или иной (обычно скоринговой) модели. Например, по данным оперативных наблюдений, локальных факторов, лабораторных и полевых испытаний, к которым применяется соответствующий алгоритм расчета индекса здоровья активов, позволяет использовать триггерные значения АНІ для принятия решений по мониторингу, техническому обслуживанию, ремонту и обновлению, капитальному ремонту и замене, контролю непрерывности работы оборудования. Стратегический обзор концепции «индекса здоровья активов» (АНІ) для долгосрочных решений в различных отраслях [7]. В одной из последних публикаций подробно представлена разработка системы АНІ, подключенной к датчикам интернета вещей (IoT) [8].

Поэтому представляется перспективным рынок *смарт-контрактов*, представляющих собой *индексные деривативы* на значения индексов – факторов *скоринговых моделей оценки* операционных и иных рисков в виде *ключевых показателей рисков* (*Key Risk Indicators, KRI*), вычисленных путем интеллектуального анализа данных о внутренней и внешней конъюнктуре, в том числе полученных с помощью телеметрии или из интернета вещей.

Предположим, что существует рынок индексных опционов на те или иные параметры (индексы), такой, что их портфель является базовым активом других опционов, портфель которых, в свою очередь, является базовым активом опционов следующего уровня и так далее. В итоге финансовый инструмент представляет собой производный контракт на портфели контрактов на другие аналогичные портфели, подобно деревянной кукле «матрёшке» (содержащей внутри себя подобные куклы меньшего размера), с нужным допускаемым числом уровней «вложенности». Пусть математическая модель платежной функции портфеля опционов в этих портфелях эквивалентна активационной функции вычислительных элементов – нейронов. Например, она может быть сигмоидальной, подобно комбинации опционов *Bull Spread*, или, например, *выпрямителем (rectifier)*, подобно длинной позиции в *ванильном* опционе на покупку (*Long Call*). Тогда, согласно «нейрофинансовой теории», из этих финансовых инструментов участник рынка смог бы сформировать портфели, структура которых воспроизводит топологию той или иной нейронной сети, в том числе, например, ранее оптимизированной (то есть, обученной распознавать или воспроизводить требуемые паттерны с необходимым соотношением точности и пластичности). Модели ценообразования таких портфелей могут быть построены «снизу вверх» на основе ценообразования их элементарных составляющих. Однако разумно поступить иначе – изначально сконструировать «умный контракт» в форме индексного дериватива.

Рассмотрим пример операционного риска – риск отказа масляного трансформатора в случае реализации приводит к аварийной потере мощности генератора, штрафам и потере выручки на время восстановительного ремонта трансформатора. Более 75% отказов трансформаторов могут быть вызваны диэлектрическими проблемами. Повреждения токоведущих частей трансформатора из-за перегревов вызывает выделение разлагающимся маслом газа различного химического состава. Методом хроматографического анализа с помощью высокочувствительных газохроматографов анализируется газ. Интеллектуальный анализ данных с помощью нейросетей показывает, что увеличение концентрации газа в масле более чем на 10% в течение месяца считается опасным. В одном таком опубликованном исследовании указано, что обучение нейронной сети проводилось с использованием реальных измерений 59 рабочих трансформаторов, тестирование производительности обученной нейронной сети выполнялось с использованием реальных данных для 29 работающих трансформаторов, а оценка эффективности показала, что обученная нейронная сеть является надежной в определении *health condition* любого работающего трансформатора [9]. Предположим, что с помощью телеметрии данные газохроматографов передаются в модуль интеллектуального анализа, который выполняет функцию аппаратного оракула смарт-контракта.

Сконструируем пример смарт-контракта, заключаемого между хеджером (владельцем операционного риска, эксплуатирующим масляный трансформатор) и спекулянтом, принимающим на себя риски во обмен на вознаграждение: индексный европейский опцион *put*, базовый актив (индекс, ключевой индикатор риска, KRI) – это месячный темп роста концентрации газа в масле (процентных пунктов). Спецификация контракта: цена процентного пункта индекса 100 тыс. руб./проц. пункт; цена исполнения опциона 10 процентных пунктов. Дата исполнения опциона – первое число календарного месяца. Опционная премия продавцу опциона за каждый контракт, например, 50 тыс. рублей/контракт. Количество опционов, например, 1000 контрактов. Если индекс KRI (темп роста концентрации масла в месяц) не превышает цену исполнения (10 процентных пунктов), то спекулянту полагается 50 млн. руб., получаемых от хеджера в качестве опционных премий за тысячу контрактов. Если KRI составляет 10,5 процентных пунктов (в месяц), то и спекулянт и хеджер имеют нулевые

выигрыши/проигрыши. Если, например, KRI составляет 20,5 процентных пунктов в месяц, то хеджер, рискующий понести убытки из-за аварии на масляном трансформаторе, выигрывает на контрактах, а спекулянт принимает на себя риски и проигрывает – оба по 1 млн. руб.

Научная новизна состоит в получении следующих выводов. Оптимальный портфель может быть реализован путем генерации желаемой топологии нейронной сети в форме множества соответствующих финансовых контрактов. Реализовать технически это можно и нужно с помощью смарт-контрактов индексных деривативов с встроенным искусственным интеллектом в аппаратном оракуле. Ближайшими аналогами таких контрактов для телематического хеджирования являются с точки зрения природы базового актива погодные деривативы, с технической точки зрения – телематическое (параметрическое, триггерное) страхование и смарт-контракты с оракулом на блокчейн-платформах. Инфраструктура рынка предлагаемых телематических смарт-контрактов – портфелей индексных деривативов – источник новых возможностей оптимизации перераспределения значительной части операционных рисков на мировом рынке.

Литература

1. WTW Insurance Marketplace Realities 2023 Spring Update – Alternative risk transfer (ART) 28.04.2023 <https://www.wtwco.com/en-us/insights/2023/04/insurance-marketplace-realities-2023-spring-update-alternative-risk-transfer-art> (на 28.09.2025).
2. **Рогов М.А.** Если оценки не совпадают. Применение нейронных сетей для моделирования и согласования индивидуальных предпочтений по риску при управлении портфелем предприятия. // Межотраслевой экономико-аналитический журнал РИСК, № 5, 1997. С.12-18.
3. **Рогов М.А.** Хаос, фракталы, нейрофинансовая теория и квантовая финансовая математика в новой парадигме риск-менеджмента // Материалы международной конференции RelStat'03, Riga, TSI, 2003. С. 109-110.
4. **Рогов М.А.** Новая парадигма риск-менеджмента// Труды Международной научной школы "Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах" МА БР 2003, Спб.: ИПМАШ, 2003. С. 90-96.
5. **Rogov M.A.** Method for forming risk management contracts by means of a computer system (Метод формирования контрактов управления рисками через компьютерную систему, (англ.). Патент на изобретение RU 2250495, выдан 20.05.2005, международная публикация The International Bureau on 10.06.2004 No. WO 2004049228. United States Patent Application 20060026005 Приоритет 26.11.2002.
6. Market research report в феврале 2025 г. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/usage-based-insurance-market-154621760.html> (на 28.09.2025).
7. **A. De la Fuente, A. Guillén, A. Crespo, A. Sola, J. Gómez & P.V. Gonzalez-Prida.** Strategic view of an assets health index for making long-term decisions in different industries //Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World, Proceedings of ESREL 2018, June 17-21, 2018, Trondheim, Norway.
8. **Adolfo Crespo Del Castillo, Manu Sasidharan, Corbinian Nentwich, Jorge Merino & Ajith Kumar Parlikad** (2023) Data-Driven Asset Health Index – an application to evaluate Quay Cranes in container ports, Maritime Policy & Management, DOI: 10.1080/03088839.2023.2231449.
9. **Ahmed E. B. Abu-Elanien, M. M. A. Salama, Malak Ibrahim.** Determination of transformer health condition using artificial neural networks // 11 July 2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications DOI:10.1109/INISTA.2011.5946173.