

УДК 659.1

¹*Н.И. Ломакин*, ²*С.А. Кращенко*, ²*К.Ю. Горло*, ³*О.А. Голодова*, ⁴*К.А. Корнилов*,
⁵*И.Н. Ломакин*

¹ Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, email: tel9033176642@yahoo.com

² Волгоградский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Волгоград, email: elena-2003@mail.ru

³ Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, email: iyurina@inbox.ru

⁴ Энгельский технологический институт (филиал) СГТУ им. Гагарина Ю.А., Саратовская обл., г. Энгельс, email: k-kornilov@yandex.ru

⁵ Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградский государственный технический университет, Волгоградская обл., г. Волжский, email: ivan.grom0boy@yandex.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА ФЬЮЧЕРСНОГО КОНТРАКТА SiM1 СИСТЕМОЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ VAR-МОДЕЛИ

Ключевые слова: VAR-модель, AI-система, фьючерсный контракт SiM1, финансовый риск, вариационный ряд.

Рассмотрены теоретические основы оценки риска/доходности вариационного ряда финансового инструмента на основе VaR-модели. В работе исследуются некоторые математические модели оценки финансового риска при заданном уровне вероятности, что позволяет обеспечить поддержку принятия управленческих решений по поводу управления финансовым риском при проведении спекулятивных биржевых операций. Выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью разработанной VaR-модели можно оценить минимальные уровни цены финансового актива на следующем месячном таймфрейме при заданном уровне риска, и, используя полученные данные, вычислить значение прогнозной цены закрытия фьючерсного контракта SiM1 на основе сформированной нейросетевой AI-модели. Новизна проведенного исследования заключается в том, что предложен подход на основе VaR-модели, который позволяет рассчитать прогнозные значения цены закрытия фьючерсного контракта SiM1 с помощью нейросети, при этом в обучающую выборку модели кроме параметров временного ряда: Po, Ph, Pl, Pc, Volum, еще добавлены: доходность, стандартное отклонение, волатильность для торговли на срочном биржевом рынке. Прогнозное значение составило 77442 руб. и при современной цене на 30 апреля 2021 г. фьючерсного контракта SiM1 75665 руб. можно получить через месяц 1777 руб. вариационной маржи в расчете на 1 контракт. Поскольку ГО (гарантийное обеспечение) по SiM1 составляет 6156,94 руб., тогда рентабельность сделки с фьючерсом составит 28,8% ($1777 / 6156,94 * 100\%$).

¹*N.I. Lomakin*, ²*S.A. Kraschenko*, ²*K.Y. Gorlo*, ³*O.A. Golodova*, ⁴*K.A. Kornilov*,

⁵*I.N. Lomakin*

¹ Volgograd State Technical University, Volgograd, email: tel9033176642@yahoo.com

² Volgograd branch of the PRUE G.V. Plekhanov, Volgograd, email: elena-2003@mail.ru

³ Volgograd State University, Volgograd, email: iyurina@inbox.ru

⁴ Engels Technological Institute (branch) SSTU named after Gagarina Yu.A., Saratov region, Engels, email: k-kornilov@yandex.ru

⁵ Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volgograd region, Engels, email: ivan.grom0boy@yandex.ru

FORECASTING THE VARIATION SERIES OF THE SiM1 FUTURE CONTRACT BY THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM USING VAR-MODEL DATA

Keywords: VAR-model, AI-system, futures contract SiM1, financial risk, variation series.

The theoretical foundations for assessing the risk / profitability of the variational series of a financial instrument based on the VaR-model are considered. The paper examines some mathematical models for assessing financial risk at a given level of probability, which makes it possible to provide support for making managerial decisions regarding financial risk management when conducting speculative exchange transactions. A hypothesis was put forward and proved that using the developed VaR-model it is possible to estimate the minimum price levels of a financial asset on the next monthly timeframe at a given risk level, and, using the obtained data, calculate the value of the forecast closing price of a futures contract SiM1 based on the generated neural network AI-model. The novelty of the study is that an approach based on the VaR-model is proposed, which allows calculating the predicted values of the closing price of a futures contract SiM1 using a neural network, while in the training sample of the model, in addition to the time series parameters: Po, Ph, Pl, Pc, Volum, also added: profitability, standard deviation, volatility for trading on the derivatives market. The forecasted value was RUB 77,442. and at the current price as of April 30, 2021, the futures contract SiM1 75,665 rubles. you can get 1777 rubles in a month. variation margin per 1 contract. Since the GO (guarantee collateral) for SiM1 is 6156.94 rubles, then the profitability of a futures transaction will be 28.8% ($1777 / 6156,94 * 100\%$).

В современных условиях усиления рыночной неопределенности исследование проблемы оценки риска и доходности биржевых финансовых активов имеет важное значение. Решению этой проблемы посвящены многие научные исследования. Однако, несмотря на это, некоторые аспекты остаются недостаточно проработанными и требуют дальнейших научных исследований.

Новизна проведенного исследования заключается в том, что предложен подход на основе VaR-модели, который позволяет рассчитать прогнозные значения цены закрытия фьючерсного контракта SiM1 с помощью нейросети, при этом в обучающую выборку модели кроме параметров временного ряда: $P_0, P_h, P_l, P_c, Volum$, еще добавлены параметры: доходность, стандартное отклонение, волатильность для эффективной торговли на срочном биржевом рынке, что обуславливает его практическую значимость.

Рассматривая теоретические основы оценки риска/доходности вариационного ряда финансового инструмента – фьючерсного контракта SiM1, приходим к выводу о целесообразности использования VaR-модели. В работе рассмотрены некоторые математические модели оценки финансового риска при заданном уровне вероятности, что позволяет обеспечить поддержку принятия управленческих решений по поводу управления финансовым риском.

Важное значение имеет исследование теоретических основ и практического инструментария анализа и оценки финансовых рисков. В основе исследования финансового риска является использование экономико-математических моделей, необходимым условием которых является наличие случайного фактора (риска) и которые в математической экономике принято называть стохастическими.

Практическая значимость исследования состоит в том, что применение предложенного подхода позволяет рассчитать величину финансовых потерь при заданном уровне риска VaR-модели с последующим использованием информации в AI-модели, что обеспечивает поддержку принятия управленческого решения при покупке/продаже финансового актива в спекулятивных операциях.

Цель исследования

Выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью разработанной VaR-модели можно оценить минимальные уровни цены финансового актива на следующем месячном таймфрейме при заданном уровне риска и использовать полученные значения в AI-системе для того, чтобы получить прогноз цены закрытия фьючерсного контракта SiM1.

Материал и методы исследования

В работе применялись такие методы исследования, как: монографический, аналитический, расчетно-конструктивный, VaR-модель, AI-система, а также анализ, изучение и обобщение.

Результаты исследования и их обсуждение

1.1. Теоретические основы оценки финансового риска на основе VaR- модели

Теоретической основой и практическим инструментарием анализа и оценки финансовых рисков является экономико-математические модели, необходимым условием которых является наличие случайного фактора (риска) и которые в математической экономике принято называть стохастическими. Такого рода модели основаны на логических принципах раздела математики, называемого теория вероятностей.

Целесообразно использовать общепринятую методику оценки финансового риска. По сути риск – это вариация (дисперсия), которую целесообразно представить как среднее квадратическое отклонение. Среднее квадратическое отклонение определяется на основе формулы

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n}}, \quad (1)$$

Где σ – риск;

r, r_i – доходность финансового инструмента в базовом и i - периоде;

n – количество периодов.

Для оценки финансового риска широко используются такие модели, как: VaR, SaR, GARSN и другие. Отдельными зарубежными авторами в целях оценки и минимизации финансового риска был предложен широкий ряд инструментов

финансовой математики. Так Фельмер Г. и Шид А. предложили использовать квантильное хеджирование, хеджирование с минимальным риском дефицита, а также квадратично-оптимальное хеджирование [1, с. 496].

Рассматривая математическую структуру простой одношаговой модели финансового рынка, Фельмер Г. и Шид А. изучают конечное число первичных активов [1, с. 16-17]. Их начальные цены в момент времени $t = 0$ известны, их будущие цены в момент времени $t = 1$ описываются случайными величинами на некотором вероятностном пространстве. Торговля активами происходит в момент времени $t = 0$. Уже в этой простой модели весьма наглядно проявляются основные принципы финансовой математики. Авторами выделены модели, удовлетворяющие условию рыночной эффективности: не существует финансовой операции, дающей прибыль без риска потерь. Отсутствие таких арбитражных возможностей характеризуется, с математической точки зрения, наличием эквивалентной мартингальной меры. Относительно этой меры дисконтированные цены имеют мартингальное свойство, состоящее в том, что торговля первичными активами является справедливой (безобидной) игрой. Как показывают исследования любую эквивалентную мартингальную меру можно отождествить с некоторым правилом формирования цен, которое продолжает заданные цены первичных активов на более широкое пространство платежных обязательств (contingent claims) или, что тоже самое, финансовых производных ценных бумаг (derivatives или derivative securities), без создания новых арбитражных возможностей [1, с. 16].

В дальнейшем одношаговая модель может быть положена в основу многошаговой модели, которая может быть рассмотрена как последовательность одношаговых моделей, начальные цены в которых случайны и зависят от исхода предыдущих периодов.

Представляется целесообразным сформировать VaR– модель, позволяющую оценить финансовый риск биржевого актива с заданной вероятностью и затем, используя параметры вариационного ряда фьючерсного контракта

на USD SiM1, получить датасет, на котором обучить AI-модель «перцептрон» и получить высокоточный прогноз цены закрытия на следующий таймфрейм для использования в биржевой торговле.

1.2. Расчет параметров VaR– модели временного ряда SiM1

Оценка финансового риска фьючерсного контракта проводилась на основе использования VaR– модели. Применение VaR– модели расширяет предиктивные возможности при использовании получаемой информации в нейросетевых прогнозах.

В целях проведения эксперимента были взяты значения цены закрытия фьючерсного контракта на американский доллар SiM1 на Московской бирже на 1 месячном тайм-фрейме с 01 июня 2019 г. по 01 апреля 2021 г., всего 23 наблюдения – свечи (рисунок 1).

Важное значение имеет волатильность исследуемого признака – цены закрытия фьючерсного контракта на USD SiM. Среднегодовая волатильность σ пропорциональна стандартному отклонению σ_{SD} доходности финансового инструмента и обратно пропорциональна квадратному корню временного периода:

$$\sigma = \sigma_{SD} \sqrt{P}, \quad (2)$$

где: σ – стандартное отклонение доходности финансового инструмента;

σ_{SD} – временной период в годах;

P – временной период в годах.

Волатильность σ_T за интервал времени T (выраженный в годах) рассчитывается на основе среднегодовой волатильности следующим образом:

$$\sigma_T = \sigma \sqrt{T}, \quad (3)$$

Например, если стандартное отклонение доходности финансового инструмента в течение дня составляет 0,01, а в году насчитывается 252 торговых дня (то есть временной период – 1 день = 1/252 года), то среднегодовая волатильность будет равна [2]:

$$\sigma = 0,001 \sqrt{252} = 0,1587 \quad (4)$$

Волатильность за месяц (то есть за $T=1/12$ года) будет равна:

$$\sigma_{\text{month}} = 0,1587 \sqrt{12} = 0,0458 \quad (5)$$

Динамика величины месячной волатильности представляет собой важный параметр, который целесообразно включить датасет нейросетевой модели (таблица 1).



Рис. 1. Временной ряд цены фьючерсного контракта на USD SiM1 (японские свечи)

Таблица 1

Параметры временного ряда

Дата	Цена, руб.	Доходность, г	Стандартное отклонение σ (за 12 мес.)	Волатильность (month), σ_{SD}
20210401	75132	-1,74%	3,21%	0,111294278
20210301	76453	1,17%	3,53%	0,12212844
20210201	75562	-1,78%	5,90%	0,20435575
20210101	76917	1,63%	5,85%	0,202598701
20201201	75673	-2,90%	6,02%	0,208443496
20201101	77897	-4,26%	5,93%	0,205332638
20201001	81286	1,82%	5,97%	0,206811492
20200901	79820	4,26%	6,05%	0,209448364
20200801	76490	-0,34%	6,05%	0,209539462
20200701	76750	3,78%	6,11%	0,211816442
20200601	73900	0,14%	6,05%	0,209671018
20200501	73800	-6,54%	6,35%	0,219868444

График динамики доходности / риска фьючерсного контракта на USD SiM1 с 01 июня 2019 г. по 01 апреля 2021 г. представлен на рисунке 2.

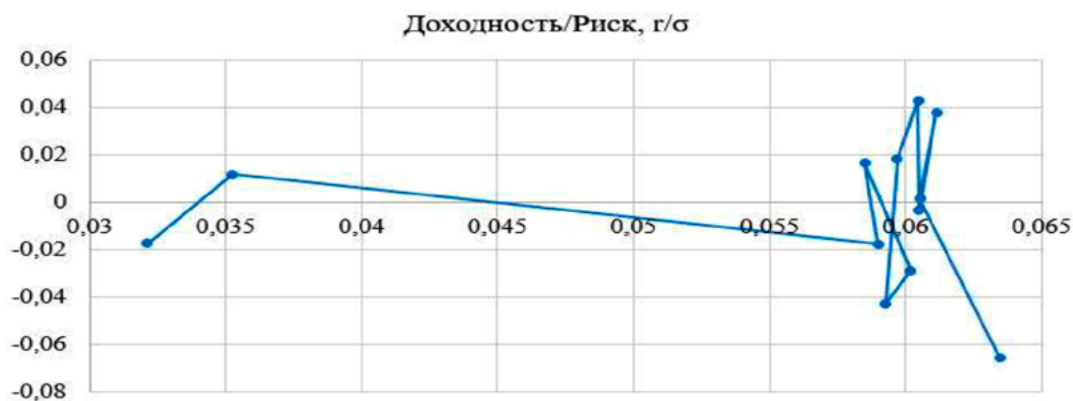


Рис. 2. Зависимость доходности от риска фьючерсного контракта SiM1

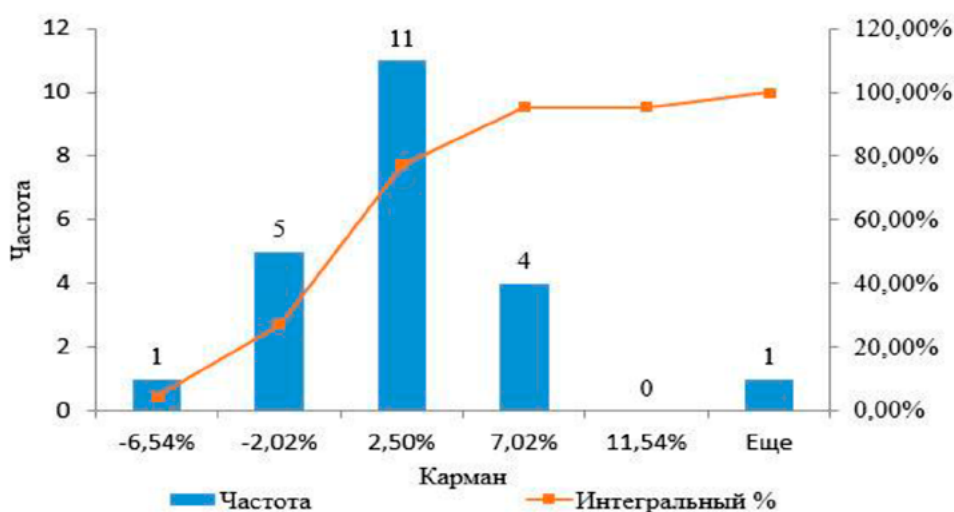


Рис. 3. Гистограмма параметров VaR- модели оценки финансового риска

В процессе анализа временного ряда цены фьючерсного контракта на USD SiM1 важно выявить изменение доходности актива с определенной степенью вероятности.

Расчет параметров VaR-модели проводился с использованием XL-таблиц. VaR использует следующую формулу

$$\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad (10)$$

где \bar{x} – это пример среднего значения среднего (Число1, число2,...);

n – пример размера.

Как известно, использование метода Value at Risk при дельта нормальном способе расчета, достигается благодаря использованию только факторов риска подчиненным нормальному (Гауссовому) закону распределения [3]. На следующем шаге была рассчитана месячная доходность фьючерсного контракта SiM1 (по цене закрытия) по каждому временному периоду – таймфрейму. Таймфрейм или торговый период – интервал времени, используемый для группировки котировок при построении элементов ценового графика.

Для проверки нормальности распределения динамики приростов рентабельности, можно воспользоваться критериями Пирсона или Колмогорова–Смирнова. VaR-модель оценки финансового риска, позволяет оценить размер финансовых потерь от падения цены

контракта при заданном уровне риска. Гистограмма распределения частоты и интегрального значения вероятности временного ряда биржевого актива SiM1 представлены на рисунке 3.

Динамика относительных значений риска VaR- модели для SiM1 на месячных таймфреймах говорит о том, что модель не имеет «тяжелых хвостов». Уровень риска для следующего одного таймфрейма рассчитывается по формуле

$$P_{t+1} = (q + 1) \cdot P_t; \quad (11)$$

где: q – квантиль распределения доходностей фьючерсного контракта;

P_t – стоимость фьючерсного контракта в момент времени t ;

P_{t+1} – минимальная стоимость фьючерсного контракта в следующем периоде времени t с заданным уровнем квантиля.

VaR($t+1$) составил 67066,5 руб. а для цены контракта на пятом таймфрейме временного ряда рассчитаем по формуле:

$$P_{t+1} = (q\sqrt{n} + 1) \cdot P_t; \quad (12)$$

где: n – глубина прогноза возможной минимальной стоимости фьючерсного контракта.

Прогноз на пятый тайм-фрейм временного ряда актива VaR($t+5$) составляет 57096,9 руб. При этом размер риска финансовых потерь с вероятностью 99%

не превысит для одного таймфрейма -8065,5 руб. в абсолютном выражении (или -11,356%) и для цены контракта на пятом таймфрейме -18035,1 руб. в абсолютном выражении (или -27,449%) соответственно.

Рассчитаны соответствующие параметры для VaR-модели (таблица 2).

Представляется целесообразным сформировать на платформе Deductor AI-систему «персептрон» для того, чтобы получить прогноз цены фьючерсного контракта SiM1.

Датасет AI-системы представлен в таблице 3.

Таблица 2

Расчёт основных параметров для VaR-модели

Мат ожидание	Стандартное отклонение	Квантиль
0,003396848	0,047606046	-0,063142178

Таблица 3

Датасет AI-системы

Цена откр.	Цена макс.	Цена мин.	Ценазакр.	Объем	Доходность, г	Станд. отклон. ?	Волатильность, ?SD	Прогноз цены, руб.
75544	77837	73337	76453	42907710	0,011722662	0,035255444	0,12212844	75132
76902	77464	74141	75562	840235	-0,017773407	0,058992424	0,20435575	76453
75658	77717	74312	76917	519848	0,016305493	0,058485207	0,202598701	75562
77897	77956	74047	75673	308696	-0,028966015	0,060172454	0,208443496	76917
81393	82775	76850	77897	36592	-0,042586359	0,059274427	0,205332638	75673
79661	81445	77807	81286	13420	0,0181997	0,059701335	0,206811492	77897
75931	82206	75700	79820	17170	0,042614086	0,060462535	0,209448364	81286
76850	78400	75150	76490	2700	-0,003393373	0,060488832	0,209539462	79820
73150	76850	73049	76750	1120	0,037840559	0,06114614	0,211816442	76490
73701	73900	71090	73900	1555	0,001354096	0,060526809	0,209671018	76750
80617	80617	73700	73800	675	-0,065376584	0,063470553	0,219868444	73900

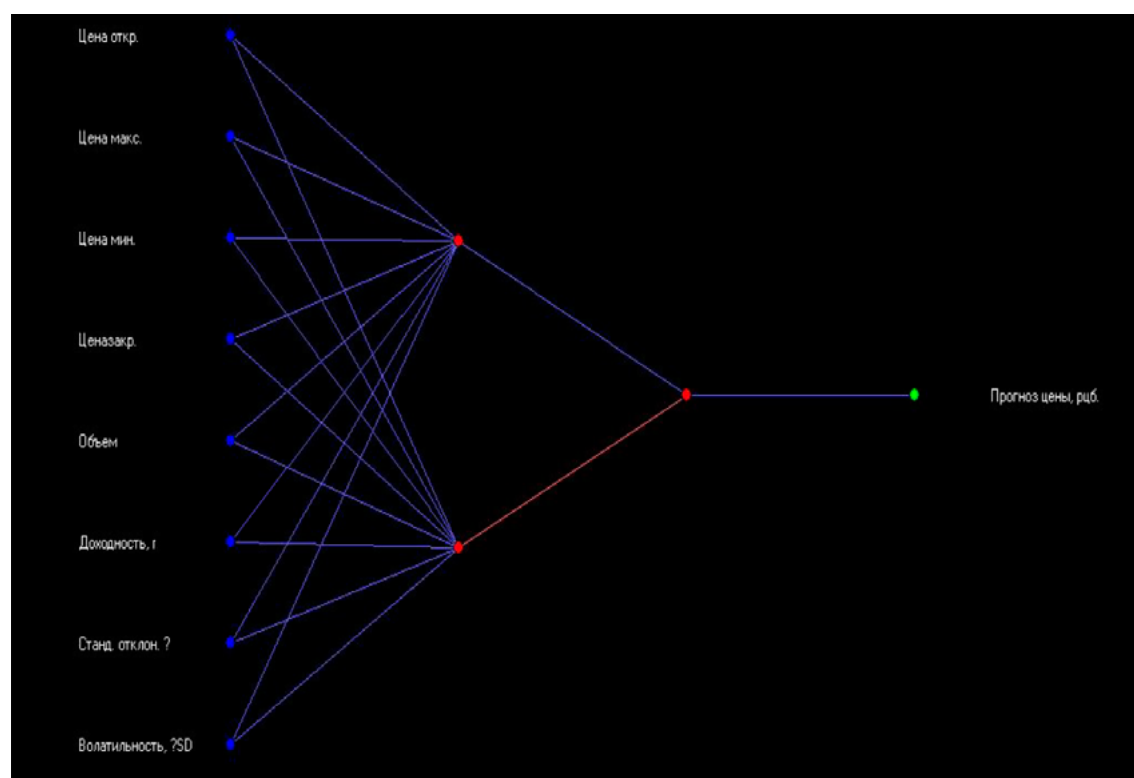


Рис. 4. Граф нейросети

Таблица 4

«Свежие» значения за апрель для AI-модели для расчета прогнозной цены фьючерсного контракта

Цена откр.	Цена макс.	Цена мин.	Цена закр.	Объем	Доходность, г	Станд. отклон.	Волатильность,
76490	78769	74676	75132	74459548	-1,74%	3,21%	0,111294278

Архитектура нейросетевой модели представлена входным слоем с такими параметрами, как: Цена откр., Цена макс., Цена мин., Цена закр., Объем, Доходность, г, Станд. отклон., Волатильность, двумя скрытыми слоями и одним выходным с единственным параметром – Прогноз цены, руб. Граф нейросети представлен ниже (рисунок 4).

Использование функции «что-если» позволяет получить прогнозные значения цены закрытия фьючерсного контракта SiM1, подставив в модель «свежие» значения за 1 апреля (таблица 4).

Прогнозное значение составило 77442 руб. При современной цене на 30 апреля 2021 г. фьючерсного контракта SiM1 75665 руб. можно получить через месяц 1777 руб. вариационной маржи в расчете на 1 контракт. Поскольку ГО (гарантийное обеспечение) по SiM1 составляет 6156,94 руб., тогда рентабельность сделки с фьючерсом составит 28,8% ($1777 / 6156,94 * 100\%$).

Полученные результаты обеспечивают поддержку принятия управленческих решений касательно покупки/продажи актива на основе прогноза временного ряда SiM1. Рассчитанные значения позволяют сформировать решение о проведении покупки/продажи фьючерса SiM1 на следующий таймфрейм – месяц.

Исследования показывают, что проблеме оценки и управления риском посвящены работы многих зарубежных авторов. Основы оценки финансовых инструментов заложены в портфельной теории Марковица Г. [4] и упрощенной модели портфельного анализа Шарпа В. [5] заложены основы оценки финансового риска. В работах современных авторов просматривается решение более специфических вопросов управления финансовым риском. Так, например, Гэри Сикс предложил собственный подход в исчислении риска [6], Найт

Фрэнк предложил собственные подходы в исследовании риска, неопределенности и прибыли [7]. Представляют научный интерес результаты исследования, которые провел Рупперт Дэвид касательно статистики и анализа данных для финансовой инженерии [8], Дженсен Микаэль с коллегами, предложившими модель ценообразования на капитальные активы [9].

В своей научной работе Фама Е.Ф. и Мак Б. Д. приходят к выводу о необходимости рассматривать риск, как категорию, которая испытывает возвращение и равновесие [10].

Как показывает практика, искусственный интеллект находит все более широкое применение в условиях цифровизации экономики. Внимание многих ученых сфокусировано на исследование технологических процессов, обусловленных внедрением цифровой экономики. Важная роль отводится анализу финансового риска на основе систем искусственного интеллекта [11]. Результаты проведенных исследований в этой области находят практическое применение, что подтверждается свидетельством на объект интеллектуальной собственности. [12]

Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

В условиях усиления рыночной неопределенности исследование проблемы оценки риска и доходности биржевых финансовых активов имеет важное значение. Решению этой проблемы посвящены многие научные исследования. Однако, несмотря на это, некоторые аспекты остаются недостаточно проработанными и требуют дальнейших научных исследований. Отдельные зарубежные авторы в целях оценки и минимизации финансового риска

предлагают широкий ряд инструментов финансовой математики, включающий: квантильное хеджирование, хеджирование с минимальным риском дефицита, а также квадратично-оптимальное хеджирование.

Изучение алгоритмов на основе VaR-анализа данных, проведенное авторами, имеет большое практическое значение для поддержки принятия управленческих решений в биржевой торговле.

Выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью разработанной VaR-модели можно оценить минимальные уровни цены финансового актива на следующем

месячном таймфрейме при заданном уровне риска и использовать полученные значения в AI-системе для того, чтобы получить прогноз цены закрытия фьючерсного контракта SiM1.

Прогнозное значение составило 77442 руб. и при современной цене на 30 апреля 2021 г. фьючерсного контракта SiM1 75665 руб. можно получить через месяц 1777 руб. вариационной маржи в расчете на 1 контракт. Поскольку ГО (гарантийное обеспечение) по SiM1 составляет 6156,94 руб., тогда рентабельность сделки с фьючерсом составит 28,8% ($1777 / 6156,94 * 100\%$).

Библиографический список

1. Фельмер Г., Шид А. Введение в стохастические финансы. Дискретное время / Пер с англ. – М.: МЦМНО, 2008. – 496 с.
2. Волатильность URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C> (дата обращения 30.04.2021)
3. Методы оценки риска VaR (value at risk). рыночный риск. пример расчета в Excel URL: <https://finzz.ru/metody-ocenki-riska-var-value-risk.html> (дата обращения 30.04.2021)
4. Markowitz, Harry M. Portfolio Selection, The Journal of Finance, 1952.
5. Willian F. Sharpe: A simplified model for portfolio analysis, Portfolio Theory and Capital Markets, 1970; ISBN 0-07-135320-8.
6. Gary Six A Calculus of Risk. Scientific American 278, 1998. p. 92–97.
7. Knight F. Risk, uncertainty and profit, 1921. ISBN 978-0-9840614-2-6
8. Ruppert D. Statistics and data analysis for financial engineering, Springer, 2019.
9. Jensen M., Black F. and Scholes M. The Capital Asset Pricing Model: some empirical tests, Praeger Publishers Inc., 1972.
10. Fama E.F. and MacBeth J.D. Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests, Journal of Political Economy, May-Jun 1973. Vol.81, N3.
11. Точность прогноза цены фьючерсного контракта SiU9 на основе системы искусственного интеллекта, работающей на сигналах новостных сайтов, временных рядах и данных модели VAR / Н.И. Ломакин, Ю.И. Дубова, А.А. Рыбанов, О. Мищук, А.Ю. Заруднева, В.Ф. Трунина // III Международная научно-практическая конференция «Цифровая экономика и финансы» (Санкт-Петербург, 19-20 марта 2020 г.): Сборник тезисов / Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики [и др.]. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 38.
12. Свид. о гос. регистрация программы для ЭВМ № 2019613432 от 18 марта 2019 г. Российская Федерация. VaR-метод оценки финансовых рисков на основе системы искусственного интеллекта / Н.И. Ломакин, С.П. Сазонов, О.О. Дроботова, Г.И. Лукьянов, О.Н. Максимова, И.А. Самородова, И.С. Коваленко, А.В. Шохнех, В.С. Телятникова, Я.А. Попова; ВолгГТУ. – 2019.