

УДК 330.131.7:519.866

***В. В. Сидельцев***

ФГАОУ ВО Омский государственный технический университет, Омск,  
e-mail sideltsev@gmail.com

***Т. В. Богданчикова***

ФГАОУ ВО Омский государственный технический университет, Омск,  
e-mail b\_tanya@live.ru

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ИНВЕСТИРОВАНИЯ

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, оптимизация портфеля, коэффициент Сортино, рынок акций, экспертная система, выбор портфеля.

В рамках данного исследования предлагается подход к проблеме моделирования построения и оптимизации портфеля для долгосрочного инвестирования. Авторы описывают основные принципы и методы, которые лежат в основе этого подхода. Особое внимание уделяется разработке экспертной системы, которая позволяет эффективно управлять инвестиционным портфелем. Моделирование портфеля российского рынка акций происходит с применением коэффициента Сортино. Этот метод позволяет оценить эффективность портфеля и его способность приносить доход в долгосрочной перспективе. Результаты моделирования подтверждают эффективность предложенного подхода и экспертной системы. В работе также рассматриваются дальнейшие шаги по развитию описанного подхода и экспертной системы. Авторы предлагают пути улучшения модели и расширения её применения для различных типов инвестиционных портфелей. Это позволит более точно оценивать риски и доходность инвестиций, а также принимать обоснованные решения при формировании и управлении портфелем.

***V. V. Sideltsev***

Omsk State Technical University, Omsk, e-mail sideltsev@gmail.com

***T. V. Bogdanchikova***

Omsk State Technical University, Omsk, e-mail b\_tanya@live.ru

## SIMULATION MODELING AS A TOOL TO REDUCE INVESTMENT RISKS

**Keywords:** simulation modeling, portfolio optimization, sortino coefficient, stock market, expert system, portfolio selection.

This research proposes an approach to the problem of modeling portfolio construction and optimization for long-term investment. The authors describe the basic principles and methods that underlie this approach, with particular attention paid to the development of an expert system that allows for efficient management of the investment portfolio. The Russian stock market portfolio is modeled using the Sortino coefficient, a method that allows for the evaluation of the efficiency of the portfolio and its ability to generate income in the long term. The findings of the modeling substantiate the efficacy of the proposed approach and expert system. The paper additionally contemplates subsequent advancements in the development of the delineated approach and expert system, proposing methodologies for enhancing the model and extending its application to diverse categories of investment portfolios. This will facilitate a more precise evaluation of investment risks and returns, thereby enabling informed decision-making during the formation and management of portfolios.

### Введение

Актуальность выбранной области исследования определяется практическим применением современных критериев построения и оптимизации портфелей на российском фондовом рынке, а также получением наиболее актуальной и объективной информации об инвестиционных возможностях и необходимостью разработки новых подходов для моделирования оптимальных портфель-

ных наборов и программной ароматизации предложенных методик [4-6]. Учитывая психологические аспекты инвестирования, данная оптимизация будет нивелировать «эффект толпы», т.е. противостоять психологическому воздействию большинства [3].

**Цель исследования** заключается в формировании нового подхода к анализу рынка акций, выбору портфеля и моделированию. Вместо того чтобы наблюдать за очень не-

большими наборами акций или концентрироваться только на оптимизации ранее отобранных акций в одном портфеле, целесообразно анализировать информацию всего рынка акций и оценивать множество наборов портфелей, включающих все возможные комбинации акций.

**Материалы и методы исследования**

Предлагаемый подход к построению и моделированию портфеля включает в себя следующие шаги:

1. Сбор ежедневных котировок акций как минимум за один год (оптимальный период – три года).
2. Расчет основных показателей, характеризующих инвестиционную привлекательность, таких как годовая доходность, риск, максимальное падение, коэффициент Сортино, коэффициент Шарпа, бета и т.д. [2].

3. Выбор акций для моделирования портфеля. Конечно, мы могли бы проанализировать все наборы акций, но самые слабые из них всегда будут исключены при оптимизации, так как их распределение будет сильно стремиться к нулю. Поэтому, чтобы сократить время моделирования, полезно избегать таких акций. Акции с отрицательной или низкой доходностью, а также другие нежелательные для лица, принимающего решение, должны быть отброшены.

4. Моделирование портфелей с выбранными критериями построения, такими как количество участвующих акций, ключевая метрика оптимизации, отражающая «доходность против риска», и варианты оптимизации. Мы рекомендуем использовать максимизацию коэффициента Сортино или минимизацию отклонения вниз от минимально допустимой доходности (MAR).

$$Sortino_r = \frac{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \times r_{i,T})}{\sum_{i=1}^n (w_i \times r_{i,1})} - 1 \right] - \frac{MAR}{T}}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \min \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \times r_{i,t})}{\sum_{i=1}^n (w_i \times r_{i,t-1})} - 1 \right) - \frac{MAR}{T} \right]^2}}, \quad (1)$$

где  $r_t$  – доходность в момент  $t$ ;  $T$  – период инвестирования;  $r$  – доходность за период;  $w_i$  – распределение акций.

Оценка полученных результатов и выбор лучшего из них для долгосрочного инвестирования в соответствии с предыдущей стратегией инвестирования.

Практическая реализация данного подхода невозможна без использования специально написанного программного обеспечения для автоматизации описанного процесса, так как предполагается составление множества портфелей с их последующей оптимизацией. Разработанная экспертная система была создана на базе MS Excel с использованием языка VBA с алгоритмом дискретно-квадратичной оптимизации надстройки Solver. Блок-схема алгоритма системы представлена на рисунке 1.

Экспертная система состоит из следующих программных модулей [1]:

1. Модуль загрузки котировок для загрузки исторических цен на акции в формате csv for-mat.

2. Модуль трансформации данных для создания читаемых рабочих листов MS Excel для анализа.

3. Модуль выбора ключевых показателей эффективности для выбора важных параметров для моделирования, таких как минимально допустимая доходность за период, ключевая метрика оптимизации, критерии оптимизации, количество акций в портфеле и т.д.

4. Модуль перечисления для сужения набора доступных портфелей с заданными критериями.

5. Модуль дискретно-квадратичной оптимизации для нахождения оптимального распределения каждого актива в портфеле.

6. Модуль обзора результатов для сбора полученных аналитических данных в развернутый отчет.

7. Модуль просмотра графических результатов для построения поворотных диаграмм данных моделирования.

После подробного описания предлагаемого подхода и экспертной системы необходимо привести практические эксперименты с реальными рыночными данными.

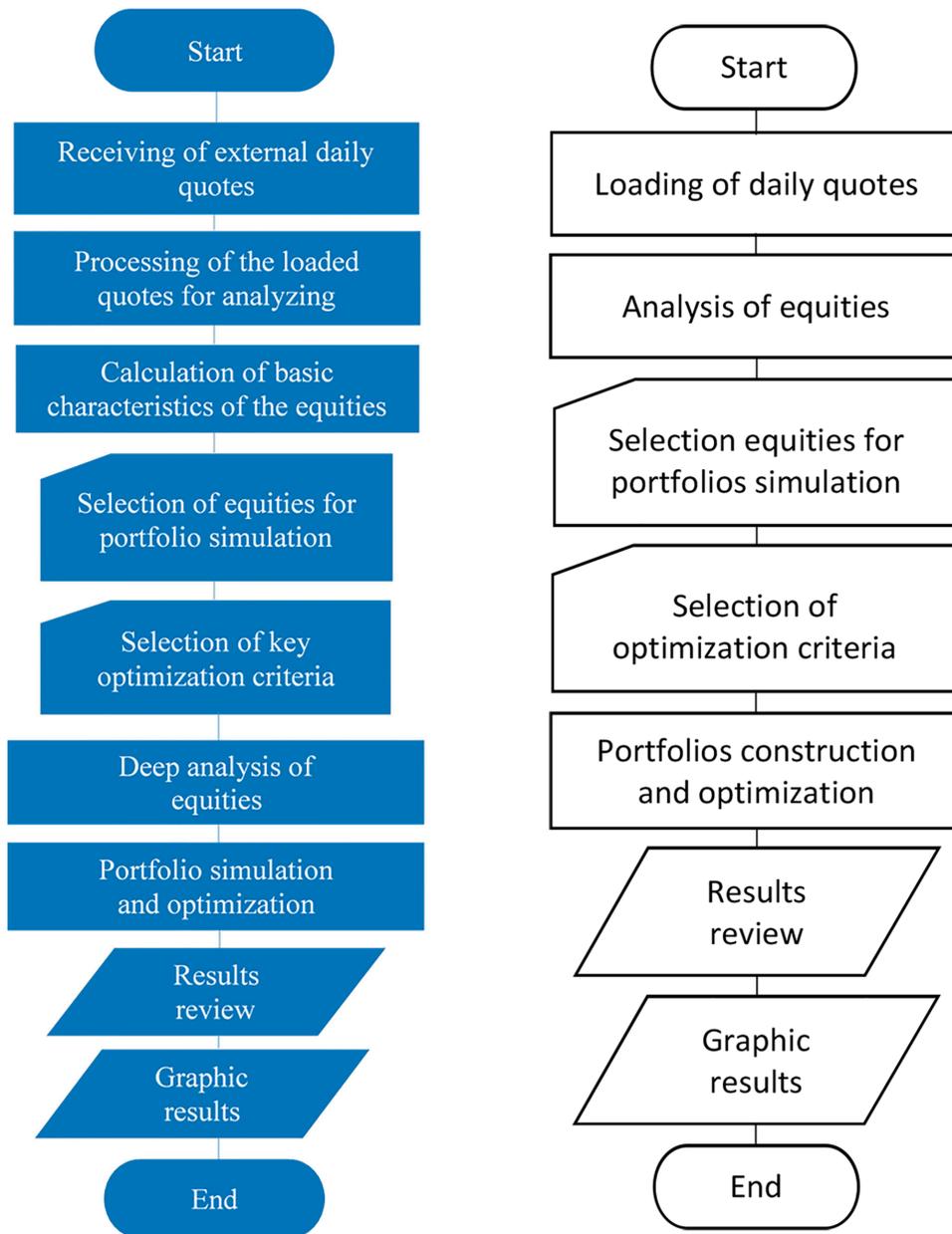


Рис. 1. Блок-схема разработанной экспертной системы для моделирования портфеля ценных бумаг

**Результаты исследования и их обсуждение**

В данном разделе будут представлены результаты моделирования портфелей для российского рынка акций. Период моделирования – 1091 дня.

В качестве ключевой метрики эффективности портфеля выбран коэффициент Сортино. Критерием оптимизации является максимизация коэффициента Сортино. Количество акций в портфеле равно трем. Минимальная приемлемая доходность – 30%

за период. Дополнительных ограничений для модели нет.

Как уже было сказано выше, все нежелательные акции должны быть исключены из анализа. Поэтому для моделирования мы отбираем 50 желаемых акций из примерно 350. Распределение «доходность против риска» и «Сортино против риска» по акциям за три года приведено на рисунках 2 и 3.

Как показано на рисунке 2, акции, выбранные для моделирования портфеля, имели положительную динамику.

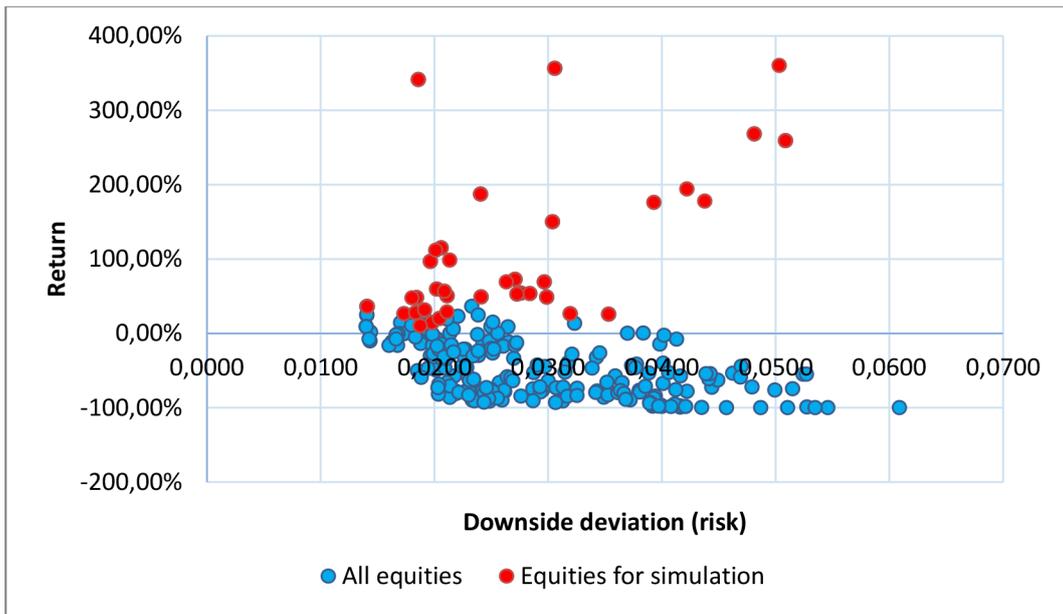


Рис. 2. Распределение «доходность/риск» по акциям за три года

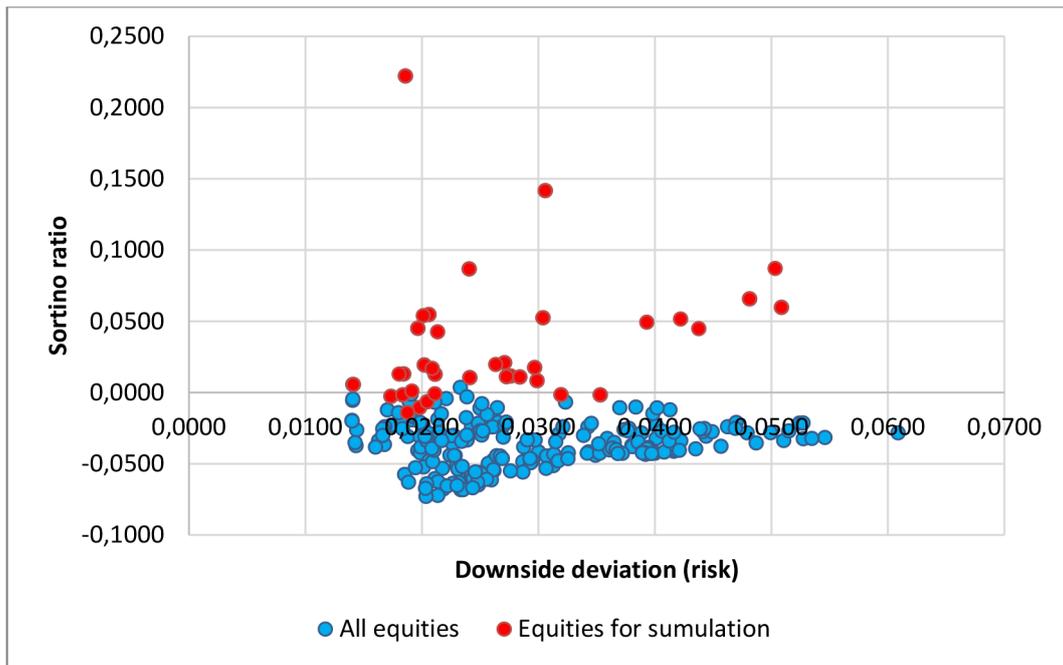


Рис. 3. Распределение «Сортино против риска» по акциям за три года

Как показано на рисунке 3, акции, выбранные для моделирования портфеля, имели высокий коэффициент Сортино.

Результаты моделирования приведены на рисунках 4 и 5.

Можно сказать, что полученные портфели обеспечивают более низкий риск при более высокой доходности по сравнению с отдельными акциями. Таким образом, распре-

деление данных портфелей позволяет лучше инвестировать в отношении риска потерь.

Моделируемые портфели с наибольшим коэффициентом Сортино приведены в таблице 1. Они могут быть рассмотрены для оптимального долгосрочного инвестирования. Для инвестирования следует рассматривать портфели с риском ниже 0,02 и трехлетней доходностью более 30-50%.

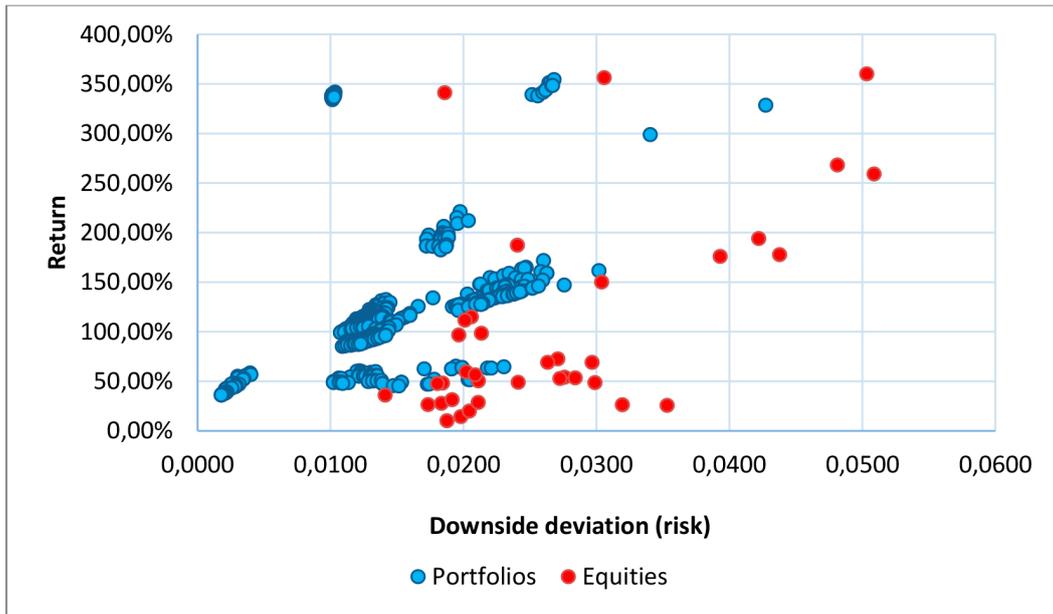


Рис. 4. Распределение «Доходность против риска» смоделированных портфелей и акций за три года

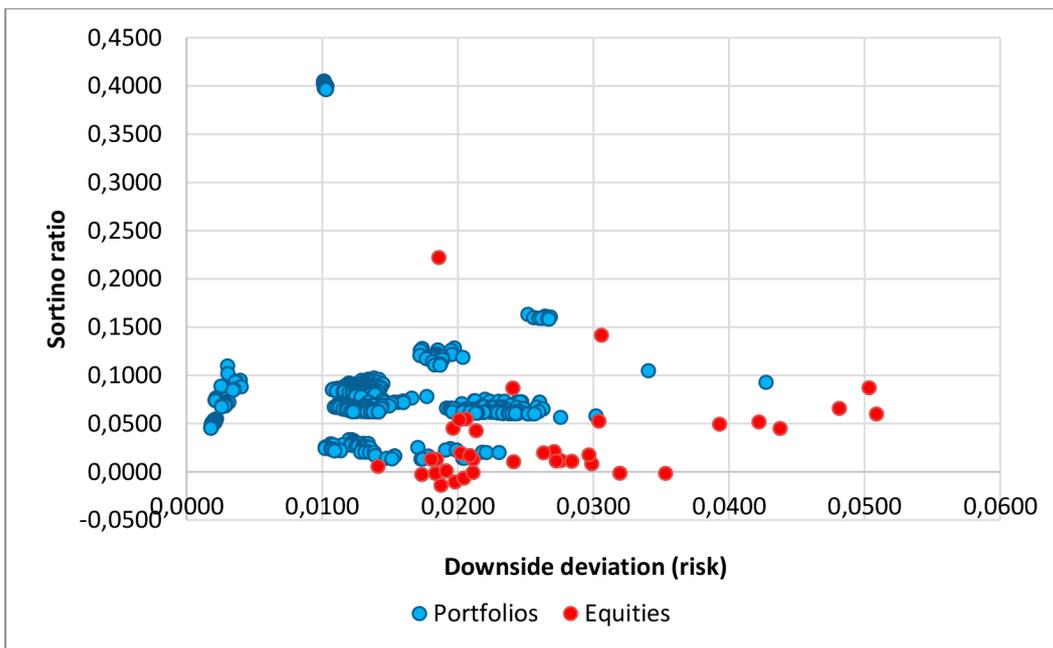


Рис. 5. Распределение «Сортино против риска» смоделированных портфелей и акций за три года

Однако рынок может измениться, и для реагирования на эти изменения в случае значительной волатильности можно провести дополнительное моделирование.

Проблема заключается в неопределенности самого рынка. Краткосрочная оптимизация распределения акций в портфеле

представляет собой огромную проблему, поскольку не существует метрики для такого прогнозирования. Для принятия краткосрочных решений необходимо учитывать текущую ситуацию на рынке, состояние экономики, показатели эмитентов акций и так далее.

Таблица 1

Моделируемые портфели с наибольшим коэффициентом Сортино по состоянию на  $t$

№	Sortino ratio	Equity 1	Equity 2	Equity 3	Allocation of equity 1	Allocation of equity 2	Allocation of equity 3	Prior
1	0,4051	MUGSP	MGNZ	MFON	1,83%	1,49%	96,68%	1
2	0,4048	CHGZ	MUGSP	MFON	2,15%	1,92%	95,93%	2
3	0,4034	MUGSP	MFON	SZPR	1,74%	96,58%	1,69%	3
4	0,4031	MFON	YAKG	MUGSP	96,80%	1,42%	1,78%	4
5	0,4021	LNZL	MFON	MUGSP	2,43%	95,70%	1,87%	5
6	0,4006	MFON	MGNZ	SZPR	96,62%	1,54%	1,84%	6
7	0,4005	MFON	YAKG	SZPR	95,73%	1,92%	2,35%	7
8	0,4004	CHGZ	MFON	MGNZ	1,84%	96,66%	1,50%	8
9	0,3998	MGNZ	MFON	YAKG	1,50%	96,96%	1,53%	9
10	0,3996	LNZL	MFON	MGNZ	3,41%	94,91%	1,68%	10
11	0,3993	CHGZ	MFON	SZPR	1,83%	96,25%	1,92%	11

Таблица 2

Дополнительное моделирование ведущих портфелей к  $t+1$

№	Sortino ratio	Equity 1	Equity 2	Equity 3	Allocation of equity 1	Allocation of equity 2	Allocation of equity 3	Prior
1	0,2169	MUGSP	MGNZ	MFON	69,07%	30,93%	0,00%	6
2	0,0779	CHGZ	MUGSP	MFON	0,00%	100,00%	0,00%	10
3	0,0779	MUGSP	MFON	SZPR	100,00%	0,00%	0,00%	9
4	0,1330	MFON	YAKG	MUGSP	0,00%	0,00%	100,00%	8
5	0,4174	LNZL	MFON	MUGSP	86,24%	13,76%	0,00%	2
6	0,2205	MFON	MGNZ	SZPR	56,01%	33,41%	10,58%	4
7	0,1330	MFON	YAKG	SZPR	0,00%	0,00%	100,00%	7
8	0,2169	CHGZ	MFON	MGNZ	0,00%	69,07%	30,93%	5
9	0,2232	MGNZ	MFON	YAKG	67,64%	29,11%	3,25%	3
10	0,4941	LNZL	MFON	MGNZ	70,85%	20,58%	8,57%	1
11	0,0779	CHGZ	MFON	SZPR	0,00%	100,00%	0,00%	11

Как показано в таблице 2, предварительная оценка портфеля в случае изменения рынка, описанная в подходе, может дать информацию для пересмотра портфеля. Тем не менее, актуализация такого пересмотра будет обеспечена только при наличии достаточного количества временных точек отклонения вниз. Мы видим, что по истечении 48 дней с момента моделирования рыночные условия меняются и некоторые акции, входящие в топ-портфели, выбывают. В соответствии с этим приоритеты портфелей смещаются, и распределение внутри них изменяется. Если конкретная акция больше не является ценной для инвестиций, ее распределение обнуляется.

### Выводы

Данный подход в сочетании с разработанной экспертной системой позволяет снизить уровень неопределенности и делает процесс принятия решения о первоначальном долгосрочном инвестировании более четким и точным. Однако краткосрочные решения все еще имеют низкий уровень прогнозирования.

Дальнейшее развитие предлагаемого подхода должно быть направлено на повышение производительности экспертной системы, создание многопоточных сессий для увеличения скорости моделирования. Текущая производительность системы ограничена. Кроме того, необходимо сделать шаги по соз-

данию кроссплатформенных приложений. дено на высокоуровневый абстрактный язык  
Для этого текущее приложение будет переве- программирования, такой как Python.

---

*Библиографический список*

1. Sideltsev S. Key performance metrics for the optimal portfolios simulation // Science and people in XXI century. OmSTU November 2013. P. 144-149.
2. Sortino F., Price L. Performance Measurement in a Downside Risk Framework // Journal of Investing. Fall 1994. № 3(3). P. 59-65.
3. Иванов В.Н., Маковецкий М.Ю. Влияние психологических аспектов на принятие решений при финансовом инвестировании // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 10-2. С. 213-222. DOI: 10.17513/vaael.3799.
4. Богданчикова Т.В., Сидельцев В.В. К вопросу об оценке рисков деятельности предприятий энергетического сектора // Актуальные вопросы энергетики: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 25–27 мая 2022 года / Редколлегия: П.А. Батраков (отв. ред.) и др. Омск: Омский государственный технический университет, 2022. С. 181-186.
5. Бадрызлов В.А., Сидельцев В.В. Оценка эффективности распространения информации в социальных сетях с использованием имитационного моделирования // Креативная экономика. 2018. Т. 12, № 9. С. 1359-1372. DOI: 10.18334/ce.12.9.39389.
6. Задорожный В.Н. Случайные графы с нелинейным правилом предпочтительного связывания // Проблемы управления. 2011. № 6. С. 2-11.