

МОДЕЛИ МАРКОВИЦА И КОННО-ЯМАЗАКИ В РАМКАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ДЛЯ СФЕРЫ ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ

КАРАЧУН ИРИНА АНДРЕЕВНА

*Экономический факультет, БГУ, ул. К. Маркса, 31, г. Минск, Республика Беларусь,
karachun@bsu.by*

БАБЕНОК АРТЁМ ВАДИМОВИЧ

*Экономический факультет, БГУ, ул. К. Маркса, 31, г. Минск, Республика Беларусь,
bav1999artembabenok@gmail.com*

Аннотация.

Статья посвящена исследованию вопросов инвестирования капитала на фондовом рынке и построению инвестиционных портфелей акций, сбалансированных с учетом риска и доходности, составленных на основе моделей оптимизации Марковица и Конно-Ямазаки. Определены методики анализа акций, изучен процесс оптимизации инвестиционного портфеля, исследовано изменение цен индексов и отдельных акций на различных периодах времени, составлены портфели из акций NASDAQ. На основе недельных цен закрытия были сформированы шесть портфелей, которые имеют разные условия оптимизации, в том числе, допущения о доле диверсификации на основе метода экспертных оценок. Это позволяет выбирать основные трендовые активы в условиях пандемии, что потенциально может увеличить доходность портфеля на нестабильных рынках.

Ключевые слова: портфель; фондовый рынок; оптимизация; Марковиц; Конно-Ямазаки; автоматизация; финансовые услуги.

Финансовые рынки стали одной из самых важных частей глобальной экономической системы. Эффективное распределение финансовых ресурсов играет ключевую роль в богатстве стран и регионов. При этом фондовый рынок достаточно тяжелый и непонятный для обывателей, поэтому чтобы не потеряться в многообразии финансовых инструментов и увеличить капитал надо иметь специальную подготовку и навыки. Важно понимать, как правильно сформировать инвестиционный портфель, как подобрать оптимальный набор инструментов в соответствии с собственными целями, интересами и возможностями.

Традиционный подход к управлению портфелем и подбор активов основан на фундаментальном и техническом анализе, которым пользуются инвесторы уже много лет. Делается акцент на широкую диверсификацию ценных бумаг по отраслям, регионам и капитализации. Чаще всего приобретаются бумаги известных и ликвидных компаний, которые имеют хорошие производственные и финансовые показатели, высокие стандарты по прозрачности отчётности. Учитывается также и высокая ликвидность таких активов, возможность продавать и покупать их большими объемами и экономить на комиссионных.

Стремительное развитие финансового рынка, статистической базы, а также быстрый скачок в области программирования и вычислительной техники привели к появлению современной теории управления инвестиционным портфелем. Эта теория основана на использовании статистических и математических методов подбора финансовых активов, а также на ряде совершенно новых концептуальных подходов, которые играют огромную роль в распределении активов мировыми институциональными фондами, а также розничными инвесторами. Но несмотря на довольно успешное применение современной теории к портфельному инвестированию, проблема составления портфеля не теряет своей значимости.

Один из факторов финансового кризиса 2008 г. считается неконтролируемый рост рынка производных финансовых инструментов, несущих большой финансовый риск, а также математические просчеты (неосознанные и вполне сознательные) при формировании инвестиционных портфелей акций и производных инструментов. Исходя из вышесказанного, академический интерес к вопросам формирования инвестиционного портфеля, особенно для розничных инвесторов, представляется обоснованным и крайне важным.

Необходимость проведения исследований по данной теме для решения проблем формирования инвестиционного портфеля подтверждается следующими причинами: глобализация рынков – активное развитие возможностей инвестирования по всему миру, увеличение количества инструментов и активов для вложений, приток розничных инвесторов на фондовый рынок, рост макроэкономической неопределённости.

В современной экономической науке аналитики, трейдеры и исследователи применяют следующие виды анализа: по масштабу различают микроэкономический и макроэкономический; по временному горизонту – ретроспективный и перспективный. На рынке ценных бумаг одной из важнейших задач финансового аналитика является прогнозирование цен на активы. При этом исторически сложились только два вида анализа: фундаментальный и технический.

Фундаментальный анализ используется с целью определения внутренней стоимости активов на основе финансовой отчетности. В основном такой вид анализа способен сгенерировать прибыли от инвестирования на достаточно больших горизонтах инвестирования, в то время как технический анализ применяется в основном на краткосрочных временных интервалах. Для аналитиков необходимо понимать, на каком рынке они работают и знать его характеристики. Одной из важных характеристик рынка является его эффективность, определенная Юджином Фамой [1] как скорость адаптации цен к новой информации, а именно новостям. В таком случае максимальная доходность инвестора не может быть выше средней доходности рынка, отражением которой является движение индексов, например, FTSE или S&P500, так как происходит адаптация к новостному фону. При этом спекулятивная прибыль часто носит случайный характер.

Гипотеза об эффективности рынка вызывает много сомнений у инвесторов и исследователей. Даже будучи её сторонником, экономист, профессор экономики Принстонского университета Бёртон Малкиел в своей критической статье [2] приводит исторические примеры, когда теория эффективности не подтверждалась в практике биржевой торговли. Усомниться в действенности теории вынуждают и кризисы фондового финансового рынка: правда ли резкие взлёты и падения котировок акций отражают столь же стремительные изменения их внутренней стоимости? Очевидно, нет, следовательно, проведение анализа безусловно необходимо.

Современная портфельная теория, основоположником которой стал Г. Марковиц [3], опирается на следующие утверждения:

- Узловые параметры, определяемые при управлении портфелем, его доходность и риск.
- Формируя портфель, нельзя точно определить будущую динамику его доходности и риска. Решения принимаются на основании ожидаемых значений доходности и риска, которые оцениваются на основе статистической информации за предыдущие периоды времени.
- Поскольку будущее вряд ли повторит прошлое со стопроцентной вероятностью, то полученные оценки можно корректировать согласно собственным ожиданиям инвестора относительно развития конъюнктуры рынка.

Для описания вероятностной модели финансового рынка введем следующие обозначения. Пусть на рынке присутствуют m активов, доступных для включения в портфель; $S_j(t)$ – рыночная стоимость j -го актива в дискретные моменты времени; $CF_j(t)$ – величина чистого денежного потока, связанного с активом S_j , в промежутке между $t-1$ и t (дивиденды, купоны, премии и т.д.) Тогда доходность j -го актива за период времени $[t-1, t]$ определяется

по формуле $r_j(t) = \ln \frac{S_j(t)}{S_j(t-1)}$. Рассмотрим вероятностное пространство (Ω, F, P) , где Ω –

множество элементарных исходов на финансовом рынке, F – множество событий, P – вероятности на множестве событий. Актив, представленный на финансовом рынке, будет описываться случайной величиной, характеризующей доходность актива для одного временного периода. На практике часто используют выборочные оценки математического ожидания, дисперсии и ковариации этой случайной величины, построенные на основе прошлых значений доходностей:

$$\bar{r}_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N r_k, \quad \sigma_j^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (r_k - \bar{r}_j)^2, \quad \sigma_{ij} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (r_{ki} - \bar{r}_i)(r_{kj} - \bar{r}_j).$$

Главная задача оптимизации фондового портфеля заключается или в максимизации доходности портфеля при фиксированном уровне его риска или в минимизации риска при заданной средней доходности (Mean-variance analysis – MVA). Она базируется на следующих предположениях:

- Рынок состоит из конечного числа абсолютно ликвидных активов, которые считаются бесконечно делимыми. Доходности рискованных активов являются нормально распределенными случайными величинами, имеющими конечные моменты первого (математическое ожидание) и второго (дисперсия) порядка.

- Индивидуальные предпочтения инвестора задаются функцией полезности от двух аргументов: ожидаемой доходности, измеряемой математическим ожиданием, и риска, оцениваемого дисперсией. Соответственно, сравнение портфелей осуществляется на основе только двух критериев.

- Инвестор не склонен к риску, т.е. из двух портфелей с одинаковой ожидаемой доходностью он предпочтёт портфель с меньшим риском, а из двух портфелей с одинаковым риском – с большей ожидаемой доходностью.

- Налоги и транзакционные издержки равны нулю.

В однопериодной модели Марковица инвестор в начальный момент времени формирует портфель x следующим образом: имеется m финансовых активов, для каждого известны оценки ожидаемых доходностей r_j , $\bar{R} = (\bar{r}_1, \dots, \bar{r}_m)^T$, вариаций (дисперсий) σ_j^2 и коэффициентов корреляции между ними ρ_{ij} , Σ – матрица ковариации доходностей активов, x_j – доли каждого актива в стоимости портфеля, $x = (x_1, \dots, x_m)^T$, $\sum_{j=1}^m x_j = 1$. Множество X , представляющее собой всю совокупность портфелей, которые могут быть сформированы из m активов, называется допустимым множеством. Все портфели характеризуются двумя показателями – математическим ожиданием $\bar{R}_p$ и дисперсией σ_p^2 :

$$\bar{R}_p = \sum_{j=1}^m x_j \bar{r}_j = \bar{R}^T x, \quad \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_i x_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} = x^T \Sigma x, \quad \sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2}.$$

Формируя портфель активов, инвестор стремится к увеличению ожидаемой доходности и уменьшению его дисперсии или стандартного отклонения, которые характеризуют уровень риска, связанного с портфелем. Поэтому можно по-разному формулировать оптимизационную задачу выбора x из класса допустимых портфелей в зависимости от критерия оптимальности, например:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min_x x^T \Sigma x, \\ \bar{R}^T x \geq R, \sum_{j=1}^m x_j = 1 \\ Ax = B, Cx \geq D \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \max_x \bar{R}^T x, \\ x^T \Sigma x \leq \sigma^2, \sum_{j=1}^m x_j = 1 \\ Ax = B, Cx \geq D \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \max_x \bar{R}^T x - \frac{\delta}{2} x^T \Sigma x, \\ \sum_{j=1}^m x_j = 1 \\ Ax = B, Cx \geq D \end{array} \right.$$

где R и σ^2 – некоторые константы, задающие значения ожидаемой доходности и риска портфеля соответственно; A, B, C, D – торговые условия; δ – степень неприятия риска, которую можно соотнести с относительной мерой риска Эрроу-Пратта $R_R = -wU''(w)/U'(w)$ ($U(w)$ – функция полезности Неймана-Моргенштерна) обратной зависимостью $\delta = 1/R_R$. Портфель x , являющийся решением задачи оптимизации, которая отражает индивидуальные предпочтения инвестора относительно ожидаемой доходности, риска и рыночных ограничений, называется эффективным портфелем. Решение задачи для всех $R \in [R_{\min}, R_{\max}]$ дает множество эффективных портфелей, каждый из которых обеспечивает: максимальную ожидаемую доходность среди допустимых портфелей с одинаковым уровнем риска; минимальный риск среди портфелей с одинаковым значением ожидаемой доходности.

Модель Конно-Ямазаки [4] является в некоторой степени альтернативой классической модели Марковица, т.к. предполагает использование абсолютного отклонения вместо стандартного отклонения σ в качестве меры риска для задачи оптимизации портфеля:

$$\omega = E \left[\left\| \sum_{j=1}^m (r_j - \bar{r}_j) x_j \right\| \right].$$

Эту меру называют еще L_1 -риск и она тесно связана с волатильностью следующим образом: если доходности r_i нормально распределены, то $\omega = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma$. Следовательно, минимизация σ_p эквивалентна минимизации ω_p . В таком предположении оптимизационную задачу Марковица можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{cases} \min_x E \left[\left\| \sum_{j=1}^m (r_j - \bar{r}_j) x_j \right\| \right] \\ r^T x \geq R, \sum_{j=1}^m x_j = 1. \end{cases}$$

На момент разработки подхода Конно-Ямазаки (в 1991 г.) существовала проблема решения задач квадратичного программирования с большим количеством переменных, что значительно ограничивало область применения модели Марковица. MAD-модель позволяет конструировать эффективные портфели относительно L_1 -меры риска практически для любого количества активов благодаря возможности линеаризации задачи. Наличие модуля в представлении целевой функции делает эту задачу нелинейной, но ее можно линеаризовать путем введения дополнительных переменных и получить задачу линейного программирования, которую несложно решить для любого количества переменных, то есть её можно применять для построения крупномасштабного портфеля [5].

Для практического исследования были выбраны компании американского рынка, ИТ-отрасли преимущественно. Торги по этим акциям происходят на NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated – американская биржа, специализирующаяся на акциях высокотехнологичных компаний (производство электроники, программного обеспечения и т. п.). В портфельный список вошли следующие активы: Yandex, Google, Netflix, Facebook, AMD, Amazon, Salesforce, Activision Blizzard, Apple, Nvidia. На текущий момент в условиях неопределенности и сложной экономической ситуации активы были выбраны не случайно. Именно компании, связанные с компьютерными играми, доставкой, прикладным обеспечением, микропроцессорами востребованы в период пандемии COVID 19. Поэтому изначально в итоговом портфеле отдельным акциям будут присвоены веса. По экспертным оценкам наиболее привлекательными для инвестора являются Netflix (0,15), AMD (0,15), Activision Blizzard (0,2), хотя практически все акции в портфеле относятся к голубым фишкам и высоколиквидны, что необходимо для краткосрочных портфелей. На примере AMD

рассмотрим один из главных параметров, указывающих на ликвидность – объемы торгов (табл. 1):

Таблица 1. Торговые объемы AMD на 10.11.2020

Дневные торги	
Объем торгов	33 065 134\$
Количество сделок	282 102
Средний объем торгов за 5 дней	53 352 880\$
Средний объем торгов за 30 дней	53 564 378\$
Средний объем торгов за 90 дней	59 836 995\$
Соотношение 5- и 30-дневного среднего	−0,39%

Источник данных: Refinitiv.

Уровень ликвидности той или иной акции также определяет free float – доля акций в свободном обращении, за вычетом акций, которыми владеют стратегические инвесторы, топ-менеджмент, государство и т.д., которая доступна обычным частным инвесторам и спекулянтам, никак не связанным с выпустившей акции компанией и не участвующим в контроле над предприятием. У AMD free float составляет практически 100% от выпущенных акций, поэтому актив и по этому параметру очень ликвиден.

Следует рассмотреть также доходность актива, так как именно этот параметр является одним из ключевых для составления портфеля. Эту метрику также рассмотрим на примере AMD. Основные характеристики лучше рассматривать в сравнении с индексом Nasdaq (IXIS) на промежутки в 5 лет и 1 год. Доходности AMD и Index Nasdaq отражены на рисунке 1.

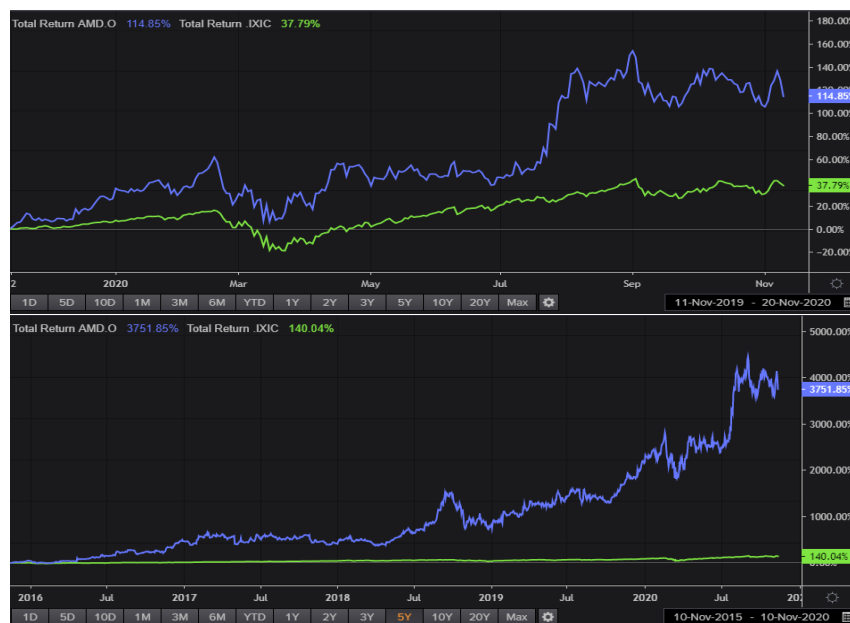


Рисунок 1. Доходность AMD и Index Nasdaq за 1 и 5 лет

Примечание – Источник данных Refinitiv.

Из графика видно, что AMD значительно обгоняет по доходности биржевой американский индекс: AMD вырос на 114%, а Index Nasdaq только на 37%. На более длинном промежутке времени можем наблюдать похожую картину: AMD вырос на 3751%, а Index Nasdaq только на 140%. Таким образом, очевидно, что как актив AMD превосходит индекс американской биржи и на коротком промежутке времени, и на длинном. Что касается других акций, то они показывают схожую динамику. Если сравнить движение котировок в последние годы, можно увидеть, что индексы мировых бирж сильно коррелируют между собой, однако показывают абсолютно разную доходность. Акции Nasdaq намного превосходят по доходности другие, так как эта биржа специализируется на активах из технологического сектора, к каковому и относятся акции портфеля.

Так как портфель должен быть достаточно диверсифицированным, чтобы снизить риск отдельных активов в структуре портфеля (собственный риск), было выбрано 10 активов. Для расчетов были использованы недельные исторические данные с YahooFinance о ценах закрытия за предшествующие 71 неделю с 01.07.2019 по 30.10.2020. Этот интервал захватывает начало периода нестабильности на фондовых рынках из-за введения карантинных мер, сокращения производства, падения покупательной способности и падения темпов экономического роста по всему миру. Возможность использования таких достаточно простых моделей для создания небольших портфелей розничных инвесторов в услугах консалтинговых структур, в управлении личными финансами, автоматизация процесса с помощью программных алгоритмов в различных платформах финансовых услуг имеет большое значение для стабилизации рынка инвестиций и привлечения мелких участников на рынок финансовых активов. Пример данных для построения портфеля в таблице 2.

Таблица 2. Недельные цены закрытия для активов портфеля, \$

	01.07.2019	08.07.2019	15.07.2019	22.07.2019	29.07.2019
Yandex	39	40	39	37	38
Google	1133	1145	1132	1245	1196
Netflix	381	373	315	336	319
Facebook	196	205	198	200	189
AMD	32	33	33	34	29
Amazon	1943	2011	1965	1943	1823
Salesforce	155	158	157	160	146
Activision Blizzard	48	47	45	48	49
Apple	51	51	51	52	51
Nvidia	160	168	168	175	161

Для построения портфеля Марковица необходимо вычислить стандартное отклонение и среднюю доходность по активам, которая позволит оптимизировать его согласно интересам инвестора. По итогам вычислений получаем значения для каждой компании, таблица 3.

Таблица 3. Стандартное отклонение и средняя доходность для акций портфеля, %

Компания	Стандартное отклонение	Средняя доходность
Yandex	0,05	0,01
Google	0,04	0,01
Netflix	0,05	0,00
Facebook	0,05	0,00
AMD	0,07	0,01
Amazon	0,04	0,01
Salesforce	0,06	0,01
Activision Blizzard	0,04	0,01
Apple	0,05	0,01
Nvidia	0,06	0,02

Анализ данных показывает, что стандартное отклонение для выбранных акций находится в пределах от 0,04% до 0,07% от цены акции, а средняя доходность варьируется от 0,00% до 0,02% от цены акции на недельном интервале с 01.07.2019 по 30.10.2020.

Следующий этап – расчет ковариационной матрицы 10 активов, которая будет использована для формирования портфеля, но эта процедура носит в основном технический характер, таблица 4.

Таблица 4. Ковариационная матрица активов портфеля

Активы	Yandex	Google	Netflix	Facebook	AMD	Amazon	Salesforce	Activision Blizzard	Apple	Nvidia
Yandex	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Google	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Netflix	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Facebook	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002
AMD	0,001	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Amazon	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Salesforce	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002
Activision Blizzard	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002
Apple	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Nvidia	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003

Для построения портфеля по модели Конно-Ямазаки также необходима средняя доходность по активам и абсолютное отклонение по портфелю.

Приступим к процессу оптимизации портфелей исходя из 3 разных условий:

1. Максимальная доходность при риске меньше 5% (ПМ №1, ПКЯ №1).
2. Минимальный риск при доходности в 1% (ПМ №2, ПКЯ №2).
3. Максимальная доходность при риске меньше 4% с долями по активам не меньше веса в портфеле: Netflix (0,15), AMD (0,15), Activision Blizzard (0,2) (ПМ №3, ПКЯ №3).

При оптимизации по первому условию инвестиционный портфель для обеих моделей слабо диверсифицирован, для Конно-Ямазаки он вообще будет на 100% состоять из Nvidia, для второго варианта условия получаем иную структуру, где портфель более диверсифицирован, а для третьего варианта структура самая разнообразная, таблица 5.

Таблица 5. Структура портфелей с разными условиями для моделей Марковица и Конно-Ямазаки

Активы	Yandex	Google	Netflix	Facebook	AMD	Amazon	Salesforce	Activision Blizzard	Apple	Nvidia
ПМ №1	-	-	-	-	-	3%	-	-	23%	74%
ПМ №2	-	9%	-	-	-	29%	-	12%	23%	27%
ПМ №3	-	2%	15%	-	15%	10%	-	2%	23%	15%
ПКЯ №1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100%
ПКЯ №2	9%	16%	-	-	-	-	-	17%	34%	24%
ПКЯ №3	-	-	15%	-	15%	-	-	20%	-	50%

Завершающим этапом является сравнение ключевых характеристик портфелей – доходности и риска на недельном интервале, таблица 6.

Таблица 6. Характеристики портфелей для моделей Марковица и Конно-Ямазаки

Критерий	ПМ №1	ПМ №2	ПМ №3	ПКЯ №1	ПКЯ №2	ПКЯ №3
Недельный риск	5,0%	3,8%	4,0%	4,1%	2,7%	3,5%
Недельная доходность	1,5%	1,0%	0,9%	1,6%	1,0%	1,2%
Коэффициент Шарпа	0,29	0,26	0,23	0,39	0,36	0,34

Таким образом, были составлены инвестиционные портфели по моделям Марковица и Конно-Ямазаки, которые могут подойти для реальных вложений средств. Безусловно, исторические отклонения и доходности не повторятся в будущем, но сейчас эта теория наиболее распространена в финансовой индустрии и позволяет активно участвовать в торгах на фондовом рынке непрофессиональным инвесторам. Одним из ключевых условий здесь является нормальное распределение доходностей для формирования портфеля. Проверка его выполнения на примере доходности указанных активов дает гистограмму, очевидно, практически идентичную нормальному распределению, рисунок 2.

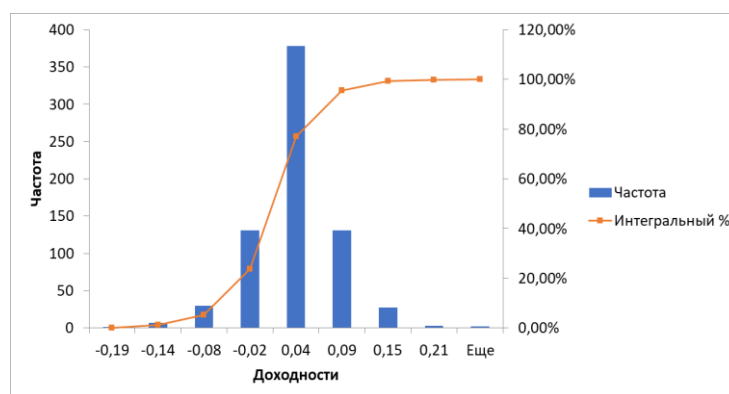


Рисунок 2. Гистограмма распределения доходностей активов

Проведенное исследование показало целесообразность построения портфелей на основе теории Марковица и Конно-Ямазаки. Полученные оценки можно корректировать согласно собственным ожиданиям инвестора относительно развития конъюнктуры рынка, что и было продемонстрировано с помощью третьего варианта условий, где были увеличены доли активов, интересующих инвестора. Это позволяет выбрать основные трендовые активы, например, в условиях пандемии, что потенциально может увеличить доходность портфеля в ближайшее время. Для формирования портфеля очень важна ликвидность и наличие рядов исторических доходностей активов в предшествующем периоде. При этом для непосредственного определения списка активов на первое место все же выступает фундаментальный анализ. А портфельная теория существенно изменила конъюктуру инвестиционного бизнеса, особенно явно это можно наблюдать на росте притока средств в ETF у таких компаний (фондов) как Blackrock, S&P и Vanguard, благодаря возможности снизить собственный риск каждой акции по отдельности. Крупнейшие фонды и банки мира продолжают искать новые пути формирования инвестиционного портфеля, а также анализа акций и прогнозирования котировок. Использование квантовых технологий в торговых алгоритмах и автоматизация модельных расчетов в коде Python – самые новые тренды в сфере финансового анализа и риск-менеджмента, хотя поведенческие финансы также играют важную роль в ценообразовании на финансовых рынках. Вероятно, в ближайшие годы финансы все дальше будут уходить в автоматизацию, но человеческий фактор не перестанет играть ключевую роль в связи с огромным притоком розничных инвесторов, которые не имеют профессиональных знаний рынка. Финансовые аналитики постоянно улучшают свои методы анализа и составления портфеля, однако эти модели чаще всего конфиденциальны и права на них принадлежат банкам и фондам. Комбинация различных моделей и активов в портфеле продолжает набирать обороты, хотя иногда слишком высокая диверсификация активов не позволяет достичь нужных финансовых результатов, что требует осторожности в выборе базовой модели оптимизации.

Список литературы

- [1] Fama, E.F. The Behavior of Stock-Market Prices / E.F. Fama // The Journal of Business. – 1965. – Vol. 38 (1). – P. 34–105.
- [2] Malkiel, B.G. The Efficient Market Hypothesis and Its Critics / B.G. Malkiel // J. of Economic Perspectives. – 2003. – Vol. 17 (1). – P. 59–82.
- [3] Markowitz, H. Portfolio selection / H. Markowitz // J. of Finance. – 1952. – Vol. 7, N 1. – P. 77–91.
- [4] Konno, H. Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market / H. Konno, H. Yamazaki // Management Science. – 1991. – Vol. 37 (5). – P. 519–531.
- [5] Карачун, И.А. Корпоративные финансы в трансформационной экономике : учеб. пособие / И.А. Карачун. – Мн: БГУ, 2020. – 116 с.

MARKOVITS AND KONNO-YAMAZAKI MODELS IN THE FRAMEWORK OF THE PORTFOLIO MANAGEMENT AUTOMATION FOR FINANCIAL SERVICES

KARACHUN IRYNA

*Faculty of Economics, BSU, 31, K. Marksa Str., Minsk, Republic of Belarus,
karachun@bsu.by*

BABENOK ARTYOM

*Faculty of Economics, BSU, 31, K. Marksa Str., Minsk, Republic of Belarus,
bav1999artembabenok@gmail.com*

Abstract.

The article investigates the issues of capital investment in the stock market and the construction of investment stocks portfolios, balanced with regard to risk and profitability, based on the Markowitz and Konno-Yamazaki optimization models. Methods for analyzing stocks have been determined, the process of optimizing an investment portfolio has been studied, changes in prices of indices and individual stocks at various periods of time have been studied, portfolios of NASDAQ stocks have been compiled. Based on the weekly closing prices, six portfolios were formed, which have different optimization conditions, including the assumptions about share diversification based on the method of expert estimates. This allows to select the main trending assets in a pandemic, which can potentially increase portfolio returns in volatile markets.

Key words: portfolio; stock market; optimization; Markowitz; Konno-Yamazaki; automation; Financial services.