

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СЛУЧАЙНОЙ СРЕДЕ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЫНКА****Валц Ивар БАУМАНИС**

кандидат экономических наук, профессор факультета непрерывного образования,
Рижский университет имени Паула Страдина, Рига, Латвийская Республика
baumanis83@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3594-2642>
SPIN-код: отсутствует

История статьи:

Рег. № 642/2019
Получена 01.10.2019
Получена в доработанном
виде 11.10.2019
Одобрена 23.10.2019
Доступна онлайн
25.12.2019

УДК 33.061.066
JEL: C25, C32, C61

Ключевые слова: риск,
случайная величина,
распределение Бернулли

Аннотация

Предмет. Одной из проблем, нередко обсуждаемых специалистами в рамках теории портфельного инвестирования, является недостаточная размерность пространства инвестиционных возможностей. Для описания портфельного инвестирования считается достаточным всего два измерения: доходность и риск. С одной стороны, сложившаяся практика использования этих двух характеристик отвечает цели снижения вычислительной сложности процедур портфельного анализа и способствует упрощению формализации ряда смежных задач. С другой стороны, вынужденный отказ от воспроизведения реальной многомерности процессов рынка акций явно сдерживает применение методов, которые значительно расширили бы возможности современного портфельного анализа.

Цели. Разработка эконометрического аналога модели случайного блуждания и приложение в задаче выбора эффективного портфеля Марковица.

Методология. В процессе исследования использовались методы анализа данных и машинного обучения.

Результаты. Представлены результаты формирования портфельных решений в случайной среде альтернативных возможностей рынка акций. Реализовать такую замену удалось благодаря приему, при котором линейный характер связи доходности акции и доходности рынка заменен на нелинейный, воспроизводимый с помощью отдельной регрессионной модели с дискретной зависимой переменной. На ее основе представлена эконометрическая модель доходности акции, в которой в качестве регрессанта используется вероятность положительной доходности, предпочтения по которой могут одновременно приводить к росту доходности и снижению риска.

Выводы. Представленные результаты эмпирической верификации убедительно демонстрируют возможности описания рыночных процессов с помощью вероятностных регрессионных моделей. Применение модели регрессии случайного блуждания в портфельном анализе может существенно повысить эффективность портфельных решений.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Бауманис В.И. Моделирование портфельных решений в случайной среде альтернативных возможностей рынка // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 12. – С. 2356 – 2370.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.12.2356>

Впервые модель для построения оптимального портфеля была предложена Г. Марковицем [1] и представляла собой задачу квадратичного программирования с линейными ограничениями. Развитие современной теории эффективного рынка фактически было начато именно с этой модели. Не сразу, но после того, как инвесторы подвели итоги кризиса 1973 г., практически все рекомендации, которые были получены благодаря этой модели, стали широко использоваться в практике обоснования инвестиционных решений. Сравнив результаты инвестиционной деятельности с возможными результатами в случае следования рекомендациям Г. Марковица, инвесторы признали необходимость диверсификации рисков

портфельного инвестирования и стали успешно применять эту модель на практике. В то же время модель Г. Марковица, несмотря на свою теоретическую значимость и полезность для обоснования практических решений, не стала таким инструментом, как, например, уравнение Блэка – Шоулза [2, 3]. Поэтому в настоящее время поиски более эффективного варианта этой модели продолжаются, о чем, в частности, свидетельствуют результаты исследований, представленные в работах [4–6] и др. Результаты таких поисков оказывались, к сожалению, только частично эффективными. Но даже в этих случаях почти все полученные результаты стали важными вехами в развитии современной теории портфельного инвестирования.

Важный результат был получен Д. Тобином [7], который в своей модели предусмотрел включение в портфель безрискового актива. Такая модификация портфеля Г. Марковица позволила получить результат, который в финансовой теории был назван теоремой отделимости. Термин, который используется для обозначения этого результата, подчеркивает его значимость для обоснования инвестиционных решений. Действительно, этот результат позволил понять обоснованность ситуации, в которой диверсификацию можно осуществлять не только между акциями, но и между вложениями в реальные активы и акции. Фактически было получено обоснование по ведению комбинированного бизнеса, в котором определялась оптимальная относительная пропорция использования средств в финансовом и промышленном секторах экономики. Этот вариант диверсификации в настоящее время получает прописку на развивающихся рынках.

Очередной вехой в развитии теории портфельного инвестирования стала модель, в которой используется функция полезности. Согласно комментариям Е.Р. Колясниковой [8], содержательный смысл функции полезности в том, что она задается таким образом, чтобы можно было с помощью специального параметра учитывать

субъективную несклонность инвестора к риску. В исследовании Г. Марковица с соавторами [9] показано, что минимизация функции полезности с учетом нормирующего ограничения на компоненты вектора, задающего структуру портфеля, позволяет получить результат, предусматривающий формирование портфеля, являющегося линейной комбинацией эффективного портфеля с минимальным риском и самофинансируемого портфеля.

Общим для указанных моделей является то, что за исключением крайне редких случаев, когда будущее в точности повторяет закономерности прошлого, они дают портфельные решения, утрачивающие свойство эффективности вне выборки, используемой для их построения. Данный факт указывает на актуальность разработки методических подходов к моделированию и анализу портфельных решений, использующих прогнозные оценки.

Аппарат эконометрического моделирования в достаточном объеме располагает арсеналом методов для адекватного описания механизма формирования доходности акции на фондовом рынке. Направление исследований У. Шарпа [10], который при решении вопросов портфельного инвестирования обратился к эконометрическим моделям, должным образом не было поддержано в научной среде.

Исследований, в которых предусматривалось бы дальнейшее развитие направлений, ориентированных на модельное представление данных, используемых в обосновании инвестиционных портфельных решений, и сегодня не так много. Вместе с тем практически не исследованными остаются возможности нового аппарата эконометрического моделирования в применении к рыночным процессам. В частности, регрессионные модели с дискретной зависимой переменной, описанные в работе А. Барроса и В. Хиракаты [11].

В нашем исследовании иллюстрируется возможность использования нелинейной модели при воспроизведении зависимости

доходности акции от уровня средней доходности на фондовом рынке, по аналогии с тем, как это выполнено в работе У. Шарпа и ее последующих модификациях, например, в работах Е.А. Федоровой с соавторами [12], Е. Элтона [13] и др. В качестве инструмента использована модель бинарного выбора, детали построения которой изложены Л. Ли [14].

В силу такого понимания механизма формирования доходности акции следует без возражений согласиться с тем, что и механизм формирования доходности, воспроизводимый эконометрической моделью, должен отражать случайную природу этого процесса.

В простейшем случае, когда в своих ожиданиях инвестор ориентируется на величину средней доходности $\bar{r}_i$ i -й акции, текущая доходность r_{it} может быть представлена следующим эконометрическим уравнением:

$$r_{it} = \bar{r}_i + \delta_i v_{it}, \quad (1)$$

где δ_i – величина возможного изменения доходности, интерпретируемая как аналог среднеквадратического отклонения в модели случайного блуждания [15, 16].

Для отражения природы среды альтернативных возможностей фондового рынка будем полагать, что $v_{it} = 1$, если доходность i -й акции в момент времени t больше средней доходности и $v_{it} = -1$, если меньше средней доходности (альтернативность на рынке ценных бумаг подлежала, в частности, обсуждению еще в работе Д. Калмена [17]).

По данным сформированного выборочного множества из значений так сформированной бинарной случайной величины v_{it} и соответствующих по времени отклонений рыночного индекса от своего среднего значения $\Delta_{it} = r_{it} - \bar{r}_i$ с помощью метода максимального правдоподобия оцениваются коэффициенты логит-модели доходности акции, включаемой в портфель.

В результате получаем

$$r_{it} = \bar{r}_i + \delta_i \frac{1}{1 + e^{q_0 + q_1 \Delta_{it}}}. \quad (2)$$

Модель можно трактовать как эконометрический аналог модели случайного блуждания. В силу этого данную модель будем называть регрессией случайного блуждания. Рассмотрим варианты возможного ее использования в моделях портфельного инвестирования.

Стоит признать, регрессия случайного блуждания – это новый инструмент моделирования процессов фондового рынка. Научный интерес требует проведения специальных исследований по выяснению возможностей применения регрессии случайного блуждания в задачах формирования оптимальных портфельных решений.

Рассмотрим применение регрессии случайного блуждания для формирования модели портфельного инвестирования в соответствии со структурой модели Марковица. Для этого необходимо на основе регрессии случайного блуждания получить расчетные формулы для доходности и риска портфеля ценных бумаг.

Так как регрессия случайного блуждания обладает определенной спецификой, то имеет смысл показать вывод формул для расчета числовых характеристик (математического ожидания и дисперсии) акций, которые потребуются для моделирования портфельных решений:

$$\begin{aligned} E r_{it} &= E(r_i + \delta_i v_{it}) = \bar{r}_i + \delta_i [1p_{it} + (-1)q_{it}] = \\ &= \bar{r}_i + \delta_i (p_{it} - q_{it}); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{var} r_{it} &= E[(\bar{r}_i + \delta_i v_{it} - \bar{r}_i - \delta_i E v_{it})^2] = \\ &= E[\delta_i (v_{it} - E v_{it})^2] = 4\delta_i^2 p_{it} q_{it}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $p_{it}(q_{it})$ – вероятность того, что переменная v_{it} в момент времени t примет значение, равное 1 (-1).

Параметр p_{it} не фиксируется, но мгновенно определяется состоянием фондового рынка.

Причем доходность в момент времени t становится выше средней, если $p_{it} > 0,5$ и ниже средней, если $p_{it} < 0,5$. Дисперсия достигает своего максимально возможного значения при $p_{it} = 0,5$, которое равно δ_i^2 . Это ориентирует на то, чтобы значение δ_i было равно среднеквадратическому отклонению моделируемого процесса.

С одной стороны, это, безусловно, может снижать теоретическую значимость и универсальность модели. С другой стороны, преимущество использования регрессии случайного блуждания состоит в возможности расчета некоего аналога мгновенной дисперсии процесса случайного блуждания. Эта возможность значительно расширяет ее применение в задачах анализа динамики моделируемых процессов. При использовании регрессии случайного блуждания для построения моделей портфельного инвестирования нужно учитывать то, что построенные на ее основе модели естественным образом будут наследовать все ее свойства.

Используя свойство статистической независимости случайных составляющих v моделей любых двух финансовых, легко показать, что доходности и риск портфеля соответственно равны:

$$Er_p = \sum_{i=1}^m \theta_{it} \bar{r}_i + \sum_{i=1}^m \theta_{it} \delta_i (p_{it} - q_{it}); \quad (5)$$

$$\text{var}r_p = \sum_{i=1}^m \theta_{it}^2 \delta_i^2 (4p_{it}q_{it}). \quad (6)$$

Доходность портфеля складывается из взвешенной суммы ожидаемых доходностей включенных в него акций и взвешенной суммы текущих рисков, характеризующих возможные отклонения доходностей акций от своих средних значений в момент времени t . Легко увидеть, что риск портфеля может быть как положительным, так и отрицательным, при этом он остается пропорциональным величине среднеквадратического отклонения.

Если ввести обозначения

$$\Sigma(\Delta) = \begin{pmatrix} 4\delta_1^2 p_{1t} q_{1t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 4\delta_k^2 p_{kt} q_{kt} \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{r}(\Delta) = \begin{pmatrix} \bar{r}_1 + \delta_1 (p_{1t} - q_{1t}) \\ \vdots \\ \bar{r}_m + \delta_m (p_{mt} - q_{mt}) \end{pmatrix};$$

$$\boldsymbol{\theta}_t = \begin{pmatrix} \theta_{1t} \\ \vdots \\ \theta_{mt} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{i} = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix},$$

то модель портфельного инвестирования может быть записана следующим образом:

$$\min_{\boldsymbol{\theta}} \boldsymbol{\theta}_t^T \Sigma(\Delta) \boldsymbol{\theta}_t, \quad (7)$$

при ограничениях:

$$\boldsymbol{\theta}_t^T \mathbf{r}(\Delta) = \mu, \quad \boldsymbol{\theta}_t^T \mathbf{i} = 1.$$

Основная особенность этой модели в том, что с ее помощью рассчитывается структура портфеля текущего момента времени, для которого известна средняя доходность фондового рынка. Если с помощью известных моделей портфельного инвестирования определялась усредненная структура для всего исторического периода, то с помощью модели (7) можно строить портфели для каждого момента времени этого периода. Такая возможность, предусмотренная в модели, ориентирует на построение прогнозных портфельных структур, что в принципе можно считать предпочтительной возможностью. Оптимальное решение по модели (7) получается обычным образом с помощью множителей Лагранжа. Рассмотрим результаты эмпирической верификации такой модели.

Так как оригинальность предлагаемой модели требует для своего построения подхода, отличного от применяемых для ставших классическими моделей Марковица, Тобина, Шарпа и модели, в которой используется функция полезности, то имеет смысл показать

все детали построения этой модели на конкретном примере.

Для построения портфеля были отобраны акции восьми эмитентов: ПАО «Газпром нефть», ПАО АК «Алроса», АО «Акрон», ПАО «МТС», АО «Русал», ПАО «Татнефть», ПАО «НОВАТЭК», ПАО «Сбербанк». В качестве аргумента для построения моделей регрессии случайного блуждания использовались данные об индексе ММВБ. В расчетах использовалась информация о котировках стоимости акций за три месяца, которых, как правило, достаточно для построения адекватных регрессионных моделей.

Первый этап построения данной модели предусматривает, как и при построении других моделей, специальную подготовку исходных данных. Рассматриваемая ситуация похожа на ситуацию, которая имеет место при построении диагональной модели Шарпа. Для формирования модели Шарпа необходимо построение однофакторных регрессионных моделей, характеризующих зависимость доходности акций, включаемых в портфель, от индекса, характеризующего среднюю доходность акций на фондовом рынке. Предлагаемая модель требует построения регрессий случайного блуждания, характеризующих зависимость доходности акций от вероятности получения положительного дохода, которая также зависит от средней доходности на фондовом рынке. Распишем подробно последовательность расчетов, выполнение которых необходимо для подготовки данных о динамике $i = \overline{1, m}$ акций.

1. Предварительная подготовка данных.

1.1. Преобразование данных о стоимости акций в значения доходности.

1.2. Скользящее сглаживание данных о доходности.

1.3. Вычисление средних значений сглаженных доходностей.

1.4. Вычисление среднеквадратических отклонений доходностей.

1.5. Воспроизведение среды альтернативных возможностей фондового рынка путем формирования дискретной зависимой переменной v_{it} .

2. Построение моделей.

2.1. Построение логит-моделей бинарного выбора

$$p_{it} = \Pr(r_{it} \geq \bar{r}_i | \Delta_{it}) = \frac{1}{1 + e^{q_{0i} + q_{1i}\Delta_{it}}},$$

$$\Delta_{it} = r_{it} - \bar{r}_i.$$

2.2. Формирование из средних значений, среднеквадратических отклонений и моделей бинарного выбора уравнения регрессии случайного блуждания.

2.3. Вычисление дисперсий каждой акции.

После получения формул для расчета значений доходности акций и дисперсий проведем расчеты по построению портфеля ценных бумаг на основе регрессии случайного блуждания. Результаты расчетов будем оформлять в виде таблиц с соответствующими комментариями, поясняющими смысл полученных результатов. Причем таблицы с исходными данными, которые имеют большие размеры будем представлять не полностью, а фрагментами. После необходимых преобразований и операции сглаживания с размером скользящего окна в 10 наблюдений были получены исходные данные, представленные в *табл. 1*.

Основной вопрос при построении регрессии случайного блуждания – это построение логит-моделей бинарного выбора. Для этого необходимо подготовить, действуя специальным образом, исходные данные, в которых должны быть сформированы дискретные зависимые переменные и фактор, от которых зависит вероятность реальности этих дискретных значений. В качестве фактора использованы отклонения текущего значения доходности индекса ММВБ от среднего. Значения фактора определяют условную вероятность того, что доходность соответствующей акции при данном уровне средней доходности рынка будет

положительной. Результаты моделирования представлены в *табл. 2*.

У всех моделей статистически значим коэффициент при факторе Δ_i . Коэффициенты q_0 статистически не значимы. Это тот результат, который очень часто встречается на практике, но не является ограничительным для практического использования модели. Поэтому модель обеспечит достаточно надежный расчет вероятностных оценок, которые будут использоваться в регрессиях случайного блуждания. Вероятно, эта надежность передается и тем моделям, которые будут построены на основе регрессии случайного блуждания.

Расчет вероятностей с помощью логит-регрессии позволяет для каждого момента времени вычислить текущее значение доходности акции, определяемое по регрессии случайного блуждания. Одновременно для каждого момента времени можно вычислить значение текущей дисперсии акции. Следовательно, для каждого момента времени можно построить модель портфельного инвестирования. Если построение модели осуществлять, ориентируясь на модель Марковица, то, учитывая равенство нулю текущей ковариации между акциями, получим модель с диагональной ковариационной матрицей. Это значит, что обоснование полезности диверсификации для портфельных решений на основе отрицательной корреляции между акциями, включаемыми в портфель, здесь не действует. Но в то же время диверсификация остается фактором, повышающим надежность инвестиционных решений. Просто механизм снижения риска за счет диверсификации в рассматриваемой модели действует по-другому. Сама модель, по нашему мнению, является одним из возможных вероятностных вариантов известной модели Марковица. Поэтому будем ее называть диагональной вероятностной моделью.

Термин «вероятностная» используется не потому, что результат в виде портфельного решения должен быть случайной величиной, он как раз детерминированный, а потому, что все элементы модели сформированы из

математических ожиданий, в которых в явном виде присутствуют условные вероятности. Условность вероятностных величин определяется уровнем средней доходности фондового рынка. Другими словами, структура модели, а следовательно, и портфельные решения зависят от состояния фондового рынка. Эта зависимость создает принципиальное отличие вероятностной модели от модели Марковица и всех остальных моделей современных теорий портфельного инвестирования. Чтобы понять принципиальность этих различий проведем расчеты и проанализируем получаемые результаты.

Построение диагональной вероятностной модели по методике Марковица начинается с определения того уровня средней доходности рынка, от которой зависит структура модели. Первоначальный выбор уровня средней доходности является чисто условным, так как построенная модель без проблем может изменять свою структуру в случае задания другого значения средней доходности. Нужно только помнить, что все модели бинарного выбора были построены не для уровня доходности, а для отклонения доходности от среднего уровня, следовательно, измененный уровень доходности должен задаваться отклонением от среднего.

Диагональная структура ковариационной матрицы вероятностной модели значительно упрощает расчеты по построению портфельного решения. Это касается и процедуры обращения матрицы, и расчета рисков, и всех промежуточных вычислений. С учетом этой возможности необходимый набор данных для построения портфеля представлен в *табл. 3*.

В *табл. 3* – постоянные величины, представленные средними значениями и среднеквадратическими отклонениями, рассчитанными по данным исторического периода, а также переменные величины по шести вариантам. Каждый вариант содержит расчет вероятностей, ожидаемых значений доходности акций и дисперсии. Расчеты проводились при разных значениях отклонения текущей доходности от средней

доходности рынка. Для каждого варианта строилась модель оптимального инвестирования.

Модель, в которой предусмотрена возможность ее построения в различных вариантах в зависимости от ситуации на фондовом рынке, пожалуй, представляет собой новый инструмент анализа инвестиционных возможностей рынка. Регрессия случайного блуждания, на основе которой велись расчеты, строились модели портфельного инвестирования, является, как отмечалось ранее, эконометрическим аналогом процесса случайного блуждания, который успешно используется в задачах оценки стоимости опционов. Свойства модели портфельного инвестирования, естественно, изменились вместе с изменением самой модели. Но чтобы понять, коснулись ли эти изменения портфельных решений, необходимо провести вычислительный эксперимент. Результаты расчетов по диагональной вероятностной модели и их интерпретация, позволяющая понять основное различие между возможностями вероятностной модели и модели Марковица, представлены в *табл. 4*.

Построение портфелей осуществлялось при определенном значении фактора логит-модели (в *табл. 4* значение указано первым числом) и заданной доходности портфеля (число после двоеточия). Это те портфели, для которых риски были минимальными (*табл. 5*).

Поясним структуру *табл. 5*. По горизонтали изменялось значение фактора логит-модели. По вертикали изменялся параметр, с помощью которого задавалась ожидаемая доходность портфеля. Каждый столбец таблицы можно считать результатом моделирования риска с помощью модели Марковица. Но с помощью одного столбца нельзя объяснить эффект построения портфеля с минимальным риском. А портфель с минимальным риском, как показывают данные в *табл. 5*, существует. Поэтому, в силу того, что вычислительные эксперименты с моделью Марковица позволяют сформировать только один столбец из рисков, то анализируя этот единственный столбец можно было сделать вывод только о том, что с увеличением желаемой доходности

портфеля риск увеличивается. Вывод был правильный, о чем могут свидетельствовать результаты исследований [18, 19], но вероятностная модель позволяет этот вывод уточнить.

Для этого уточнения необходимо использовать понятие инвестиционного потенциала рынка. Понятие «инвестиционный потенциал», введенное в работе К. Хэда и Т. Майера [20], как и понятие множества инвестиционных возможностей, введенное Марковицем, характеризуется доходностью и риском. Причем имеется в виду такой уровень доходности, который рынок сможет обеспечить инвестору с минимальным риском. Результаты расчетов, представленные в *табл. 5*, хорошо иллюстрируют природу инвестиционного потенциала. Действительно, минимальный риск, как показывают расчеты, достигается не в точке минимальной доходности, а при той доходности, которую обеспечивает рынок. Если ожидаемая доходность портфеля ниже рыночного потенциала, то инвестор может недополучить прибыль, что, естественно, увеличивает риск, а если выше рыночного потенциала, то риск тоже растет за счет невысокой вероятности получения большой прибыли, превосходящей инвестиционный потенциал рынка. Таким образом, можно утверждать, что риск тем выше, чем больше отклонение от инвестиционного потенциала рынка. Причем имеется в виду отклонение и в сторону увеличения, и в сторону снижения доходности. Такая интерпретация портфельных решений отличается от общепринятой интерпретации, в соответствии с которой чем выше ожидаемая доходность, тем выше риск.

Приведенные расчеты позволяют обратить внимание еще на одну интересную закономерность. Смысл этой закономерности в том, что величина минимального риска снижается по мере роста доходности рынка. Такая закономерность вполне естественна, так как высокий уровень инвестиционного потенциала рынка должен с меньшим риском обеспечивать получение инвестором доступного уровня ожидаемой доходности

портфеля. Под доступным уровнем доходности понимается тот уровень, который в данный момент гарантируется текущим инвестиционным потенциалом рынка.

Подводя итог проведенного вычислительного эксперимента с диагональной вероятностной моделью портфельного инвестирования, нужно отметить получение результатов, уточняющих отдельные положения инвестиционной теории, разработанной Марковицем и его последователями. Возможность получения этих результатов, по нашему мнению, обеспечило применение для обоснования инвестиционных решений

модели регрессии случайного блуждания. С ее помощью, как нетрудно понять, удалось повысить адекватность описания альтернативной инвестиционной среды фондового рынка. В классической теории альтернативность была спрятана в рисках, которые, конечно же, отражали природу альтернативной среды, но без явного использования вероятностного аппарата, который для описания альтернативной среды является естественным инструментом. Нужно, правда, признать, что в одноиндексных моделях Шарпа использовались случайные составляющие, но не для отражения альтернативности.

Таблица 1

Числовые характеристики распределений сглаженных данных

Table 1

Numerical characteristics of smoothed data distribution

Эмитент	Среднее значение	Дисперсия	СКО
Газпром нефть	0,197	0,348	0,59
Алроса	0,094	0,612	0,783
Акрон	0,077	0,169	0,41
МТС	0,117	0,178	0,422
Русал	0,158	0,216	0,464
Татнефть	0,074	0,357	0,598
НОВАТЭК	0,06	0,219	0,468
Сбербанк	0,254	0,186	0,431

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2
Коэффициенты логит-моделей

Table 2
Logit model factors

Эмитент	Обозначение	Оценка	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
Газпром нефть	q_0	0,271	0,318	0,851	0,395
	q_1	-2,322	0,71	-3,27	0,001
Алроса	q_0	-0,037	0,324	-0,113	0,91
	q_1	-2,588	0,757	-3,417	0,001
Акрон	q_0	-0,376	0,341	-1,102	0,271
	q_1	-2,873	0,817	-3,514	0
МТС	q_0	-0,137	0,323	-0,425	0,671
	q_1	-2,51	0,745	-3,369	0,001
Русал	q_0	0,344	0,303	1,137	0,256
	q_1	-1,715	0,617	-2,778	0,005
Татнефть	q_0	-0,261	0,335	-0,778	0,436
	q_1	-2,808	0,802	-3,501	0
НОВАТЭК	q_0	0,408	0,344	1,187	0,235
	q_1	-3,017	0,845	-3,569	0
Сбербанк	q_0	0,068	0,324	0,209	0,834
	q_1	-2,61	0,761	-3,431	0,001

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3
Данные для построения портфеля

Table 3
Portfolio building data

Эмитент	Значения фактора в логит-модели								
	$\Delta_I = 0$			$\Delta_I = 0,05$			$\Delta_I = 0,1$		
	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$
Газпром нефть	0,433	0,118	0,342	0,461	0,152	0,346	0,49	0,186	0,348
Алроса	0,509	0,108	0,612	0,541	0,158	0,608	0,573	0,208	0,599
Акрон	0,593	0,153	0,163	0,627	0,181	0,158	0,66	0,208	0,151
МТС	0,534	0,146	0,177	0,565	0,172	0,175	0,596	0,198	0,172
Русал	0,415	0,079	0,209	0,436	0,099	0,212	0,457	0,118	0,214
Татнефть	0,565	0,151	0,351	0,599	0,192	0,343	0,632	0,232	0,332
НОВАТЭК	0,399	-0,034	0,21	0,436	0	0,216	0,473	0,035	0,219
Сбербанк	0,483	0,239	0,186	0,516	0,267	0,186	0,548	0,295	0,184

Продолжение таблицы

Эмитент	Значения фактора в логит-модели								
	$\Delta_I = 0,2$			$\Delta_I = 0,3$			$\Delta_I = 0,4$		
	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$	p_i	Er_i	$\text{var } r_i$
Газпром нефть	0,548	0,254	0,345	0,605	0,321	0,333	0,659	0,385	0,313
Алроса	0,635	0,305	0,568	0,693	0,395	0,521	0,745	0,477	0,465
Акрон	0,721	0,258	0,136	0,775	0,302	0,117	0,821	0,34	0,099
МТС	0,655	0,247	0,161	0,709	0,293	0,147	0,758	0,334	0,131
Русал	0,5	0,158	0,216	0,543	0,198	0,214	0,585	0,237	0,209
Татнефть	0,695	0,307	0,303	0,751	0,374	0,267	0,8	0,432	0,229
НОВАТЭК	0,549	0,105	0,217	0,622	0,174	0,206	0,69	0,238	0,188
Сбербанк	0,612	0,35	0,177	0,672	0,402	0,164	0,726	0,449	0,148

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Варианты портфельных решений

Table 4

Options of portfolio solutions

Акции	Значение фактора Δ_I : Ожидаемая доходность портфеля					
	0,0 : 0,1	0,05 : 0,15	0,1 : 0,18	0,18 : 0,25	0,3 : 0,3	0,4 : 0,35
Газпром нефть	0,088	0,085	0,083	0,082	0,076	0,072
Алроса	0,051	0,048	0,047	0,056	0,048	0,047
Акрон	0,16	0,182	0,187	0,209	0,215	0,228
МТС	0,151	0,165	0,166	0,172	0,172	0,173
Русал	0,164	0,144	0,143	0,097	0,119	0,11
Татнефть	0,075	0,083	0,083	0,105	0,094	0,097
НОВАТЭК	0,223	0,151	0,15	0,074	0,124	0,123
Сбербанк	0,088	0,144	0,141	0,204	0,152	0,15

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5
Оценки риска, полученные в вычислительном эксперименте

Table 5
Risk assessment obtained in a computational experiment

Доходность портфеля	Значение фактора Δ_i					
	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
0,01	0,091	0,132	0,181	0,293	0,396	0,462
0,05	0,055	0,083	0,12	0,211	0,301	0,365
0,1	0,032	0,044	0,065	0,129	0,202	0,261
0,15	0,033	0,029	0,035	0,071	0,125	0,175
0,18	0,044	0,032	0,029	0,048	0,089	0,133
0,25	0,105	0,074	0,05	0,028	0,036	0,061
0,3	0,177	0,133	0,094	0,042	0,025	0,032
0,35	0,273	0,216	0,164	0,081	0,036	0,023
0,4	0,392	0,324	0,258	0,144	0,069	0,032
0,45	0,535	0,457	0,377	0,230	0,123	0,059

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Markowitz H.M. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 1952, vol. 7, no. 1, pp. 77–91. URL: <https://doi.org/10.2307/2975974>
2. Black F., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, iss. 3, pp. 637–654. URL: <https://www.jstor.org/stable/1831029>
3. Merton R.C. Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 1973, vol. 4, iss. 1, pp. 141–183. URL: <https://doi.org/10.2307/3003143>
4. Балынин И.В. Оптимизация инвестиционного портфеля в контексте практической реализации риск-ориентированного подхода: многообразие методов и принципов // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 10. С. 79–92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/optimizatsiya-investitsionnogo-portfelya-v-kontekste-prakticheskoy-realizatsii-risk-orientirovannogo-podhoda-mnogoobrazie-metodov-i>
5. Борочкин А.А. Управление рисками волатильности фондового рынка и неопределенности экономической политики государства при международных портфельных инвестициях // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. Вып. 7. С. 790–804. URL: <https://doi.org/10.24891/fa.10.7.790>
6. Малеева Е.А., Бельснер О.А., Крицкий О.Л. Формирование портфеля ценных бумаг с использованием предельной величины риска // Финансы и кредит. 2018. Т. 24. Вып. 12. С. 2708–2720. URL: <https://doi.org/10.24891/fc.24.12.2708>
7. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection. In: F.H. Hahn and F.P.R. Brechling (eds) *The Theory of Interest Rates*. London, MacMillan, 1965.
8. Колясникова Е.Р. Формирование портфеля с учетом различных мер риска и индивидуального отношения инвестора к риску // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. Вып. 8. С. 1583–1596. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1583>
9. Kroll Y., Levy H., Markowitz H.M. Mean–Variance versus Direct Utility Maximization. *The Journal of Finance*, 1984, vol. 39, no. 1, pp. 47–61. URL: <https://doi.org/10.2307/2327667>

10. Sharpe W.F. A Simplified Model for Portfolio Analysis. *Management Science*, 1963, vol. 9, iss. 2, pp. 277–293. URL: <https://doi.org/10.1287/mnsc.9.2.277>
11. Barros A.J.D., Hirakata V.N. Alternatives for Logistic Regression in Cross-Sectional Studies: An Empirical Comparison of Models That Directly Estimate the Prevalence Ratio. *BMC Medical Research Methodology*, 2000, vol. 3, pp. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-3-21>
12. Федорова Е.А., Гузовский Я.Е., Лукашенко И.В. Оценка применимости модифицированного бета-коэффициента на российском фондовом рынке // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 11. С. 2163–2176. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2163>
13. Elton E.J., Gruber M.J., Urich T.J. Are Betas Best? *The Journal of Finance*, 1978, vol. 33, iss. 5, pp. 1375–1384. URL: <https://doi.org/10.2307/2327272>
14. Lee L. Identification and Estimation in Binary Choice Models with Limited (Censored) Dependent Variables. *Econometrica*, 1979, vol. 47, no. 4, pp. 977–996. URL: <https://doi.org/10.2307/1914142>
15. Cheng P.L., Deets M.K. Portfolio Returns and the Random Walk Theory. *The Journal of Finance*, 1971, vol. 26, iss. 1, pp. 11–30. URL: <https://doi.org/10.2307/2325737>
16. Evans J.L. The Random Walk Hypothesis, Portfolio Analysis and the Buy-and-Hold Criterion. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1968, vol. 3, iss. 3, pp. 327–342. URL: <https://doi.org/10.2307/2329817>
17. Cohen K.J., Pogue J.A. An Empirical Evaluation of Alternative Portfolio-Selection Models. *The Journal of Business*, 1967, vol. 40, iss. 2, pp. 166–193. URL: <http://dx.doi.org/10.1086/294954>
18. Асатуров К.Г. Детерминанты систематического риска: анализ на основе российского фондового рынка // *Финансы и кредит*. 2017. Т. 23. Вып. 23. С. 1343–1363. URL: <https://doi.org/10.24891/fc.23.23.1343>
19. Негомедзянов Ю.А., Негомедзянов Г.Ю. Углубление функциональности концепции VaR // *Финансы и кредит*. 2016. № 2. С. 2–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglublenie-funktsionalnosti-kontseptsii-var>
20. Head K., Mayer T. Market Potential and the Location of Japanese Investment in the European Union. *Review of Economics and Statistics*, 2004, vol. 86, iss. 4, pp. 959–972. URL: <http://dx.doi.org/10.1162/0034653043125257>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

**PORTFOLIO ANALYSIS IN A RANDOM ENVIRONMENT OF STOCK MARKET
ALTERNATIVE OPPORTUNITIES****Valts Ivar BAUMANIS**Riga Stradins University, Riga, Republic of Latvia
baumanis83@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3594-2642>**Article history:**Article No. 642/2019
Received 1 October 2019
Received in revised form
11 October 2019
Accepted 23 October 2019
Available online
25 December 2019**JEL classification:** C25,
C32, C61**Keywords:** risk, random
variable, Bernoulli
distribution**Abstract****Subject** Within the theory of portfolio investment, specialists often discuss the issue related to the lack of spatial dimension of investment opportunities. Only two measures are assumed to be sufficient to describe portfolio investing, i.e. profitability and risk. On the one hand, the prevailing practice of using these two characteristics is in line with the goal of reducing the computational complexity of portfolio analysis procedures and making it easier to formalize a number of related tasks. On the other hand, the forced refusal to reproduce the real processes of the stock market multidimensionality clearly constrains the application of methods that would greatly expand the possibilities of modern portfolio analysis.**Objectives** The study aims to develop an econometric analogue model of random wandering and an application in the task of choosing an efficient Markowitz portfolio.**Methods** I employ data analysis and machine learning techniques.**Results** The paper shows the results of portfolio solutions in a random environment of alternative opportunities of the stock market. The linear nature of relationship between the return on equity and the yield of the market is replaced by non-linear, which is reproduced by a separate regression model with a discrete dependent variable. On its basis, I present an econometric model of return on equity, which uses the probability of positive return. Under this model, preferences may simultaneously lead to higher returns and reduced risk.**Conclusions** Stochastic volatility regression in portfolio analysis can significantly improve the efficiency of portfolio solutions.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Baumanis V.I. Portfolio Analysis in a Random Environment of Stock Market Alternative Opportunities. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 12, pp. 2356–2370.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.12.2356>**References**

1. Markowitz H.M. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 1952, vol. 7, no. 1, pp. 77–91. URL: <https://doi.org/10.2307/2975974>
2. Black F., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, iss. 3, pp. 637–654. URL: <https://www.jstor.org/stable/1831029>
3. Merton R.C. Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 1973, vol. 4, iss. 1, pp. 141–183. URL: <https://doi.org/10.2307/3003143>
4. Balynin I.V. [Optimization of investment portfolio as part of practical implementation of a risk-based approach: A variety of methods and principles]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2016, no. 10, pp. 79–92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/optimizatsiya-investitsionnogo-portfelya-v-kontekste-prakticheskoy-realizatsii-risk-orientirovannogo-podhoda-mnogoobrazie-metodov-i> (In Russ.)

5. Borochkin A.A. [Managing the risk of stock market volatility and State economic policy uncertainty in international portfolio investment]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* = *Financial Analytics: Science and Experience*, 2017, vol. 10, iss. 7, pp. 790–804. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/fa.10.7.790>
6. Maleeva E.A., Bel'sner O.A., Kritskii O.L. [Securities portfolio selection using the risk margin]. *Finansy i kredit* = *Finance and Credit*, 2018, vol. 24, iss. 12, pp. 2708–2720. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/fc.24.12.2708>
7. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection. In: F.H. Hahn and F.P.R. Brechling (eds) *The Theory of Interest Rates*. London, MacMillan, 1965.
8. Kolyasnikova E.R. [Building a portfolio based on different risk measures and investor's risk perception]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 8, pp. 1583–1596. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.8.1583>
9. Kroll Y., Levy H., Markowitz H.M. Mean–Variance versus Direct Utility Maximization. *The Journal of Finance*, 1984, vol. 39, no. 1, pp. 47–61. URL: <https://doi.org/10.2307/2327667>
10. Sharpe W.F. A Simplified Model for Portfolio Analysis. *Management Science*, 1963, vol. 9, iss. 2, pp. 277–293. URL: <https://doi.org/10.1287/mnsc.9.2.277>
11. Barros A.J.D., Hirakata V.N. Alternatives for Logistic Regression in Cross-Sectional Studies: An Empirical Comparison of Models That Directly Estimate the Prevalence Ratio. *BMC Medical Research Methodology*, 2000, vol. 3, pp. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-3-21>
12. Fedorova E.A., Guzovskii Ya.E., Lukashenko I.V. [Evaluating the applicability of modified beta coefficient in the Russian stock market]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 11, pp. 2163–2176. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2163>
13. Elton E.J., Gruber M.J., Urich T.J. Are Betas Best? *The Journal of Finance*, 1978, vol. 33, iss. 5, pp. 1375–1384. URL: <https://doi.org/10.2307/2327272>
14. Lee L. Identification and Estimation in Binary Choice Models with Limited (Censored) Dependent Variables. *Econometrica*, 1979, vol. 47, no. 4, pp. 977–996. URL: <https://doi.org/10.2307/1914142>
15. Cheng P.L., Deets M.K. Portfolio Returns and the Random Walk Theory. *The Journal of Finance*, 1971, vol. 26, iss. 1, pp. 11–30. URL: <https://doi.org/10.2307/2325737>
16. Evans J.L. The Random Walk Hypothesis, Portfolio Analysis and the Buy-and-Hold Criterion. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1968, vol. 3, iss. 3, pp. 327–342. URL: <https://doi.org/10.2307/2329817>
17. Cohen K.J., Pogue J.A. An Empirical Evaluation of Alternative Portfolio-Selection Models. *The Journal of Business*, 1967, vol. 40, iss. 2, pp. 166–193. URL: <http://dx.doi.org/10.1086/294954>
18. Asaturov K.G. [Determinants of systematic risk: Evidence from the Russian stock market]. *Finansy i kredit* = *Finance and Credit*, 2017, vol. 23, iss. 23, pp. 1343–1363. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/fc.23.23.1343>
19. Negomedzyanov Yu.A., Negomedzyanov G. Yu. [Extending the functionality of the VaR concept]. *Finansy i kredit* = *Finance and Credit*, 2016, no. 2, pp. 2–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglublenie-funktsionalnosti-kontseptsii-var> (In Russ.)

20. Head K., Mayer T. Market Potential and the Location of Japanese Investment in the European Union. *Review of Economics and Statistics*, 2004, vol. 86, iss. 4, pp. 959–972.
URL: <http://dx.doi.org/10.1162/0034653043125257>

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.