

**ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ КРИПТОВАЛЮТ
МЕТОДОМ МАРКОВИЦА**

Е.К. Фокина

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. О.Л. Крицкий

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ek.fokina@bk.ru

**THE FORMATION OF AN INVESTMENT PORTFOLIO OF CRYPTOCURRENCY
BY THE MARKOWITZ METHOD**

E.K. Fokina

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. O.L. Kritski

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: ek.fokina@bk.ru

***Abstract.** In the present study, an approach has been adopted to the construction of a cryptocurrency portfolio based on the Markowitz Theory.*

Введение. Основная идея формирования портфеля состоит в том, что доходность инструмента и величина риска связаны между собой. Иными словами, риск является функцией от разброса значений доходности за ряд временных интервалов. Грамотно составленный портфель должен быть сбалансирован с точки зрения доходности и риска таким образом, чтобы в идеале стремиться к непрерывному росту.

Процесс формирования можно разделить на два этапа. Первый этап заключается в анализе исторических данных и формировании ожиданий относительно будущей доходности доступных для инвестирования инструментов. Второй этап окончательный выбор портфеля. При этом наиболее оптимальные комбинации инструментов образуют множество, называемые эффективными портфелями.

Экспериментальная часть. В модели Марковица допустимыми являются только стандартные портфели (без продаж), то есть портфели, состоящие только из купленных валют: $a_i > 0$.

Для построения портфеля следует ограничить сумму всех долей криптовалют единицей:

$$\sum_i^N a_i = 1.$$

Ожидаемая доходность портфеля в (1) представляет собой сумму доходностей отдельных финансовых инструментов с весовыми коэффициентами [1]:

$$X_p = \sum_i^N a_i x_i. \quad (1)$$

где x_i – доходность i -го финансового инструмента, a_i – доля i -го финансового инструмента в портфеле.

Пусть x_i – случайная величина с дисперсией $D(x_i) = \sigma_p^2$, математическим ожиданием $E(x_i) = a_i$, $\text{cov}(x_i, x_j) = \sigma_{ij}$ ковариация случайных величин x_i и x_j . Отсюда общая дисперсия портфеля:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_i \alpha_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j. \quad (2)$$

Далее максимизируем среднее ожидаемое значение случайной величины стоимости портфеля X_p :

$$E(X_p) = \sum_i^N a_i E(x_i) = \sum_i^N \alpha_i a_i \rightarrow \max.$$

Помимо доходности инвестору необходимо так же учесть и риск, связанный с той или иной валютой. Ограничиваем уровень дисперсии σ_p^2 в (2) значением некоторой заданной дисперсией σ^2 [1]:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_i \alpha_j \rho_{ij} \sigma_{ij} \leq \sigma^2.$$

где x_i и x_j – доли общего вложения, приходящуюся на каждую криптовалюту, N – число криптовалют.

Таким образом, математическая модель Марковица (3) примет следующий вид [1, 2]:

$$\begin{aligned} E(X_p) &\rightarrow \max, \\ \sigma_p^2 &\leq \sigma^2, \\ \sum_{i=1}^N a_i &= 1. \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве исходных данных были использованы дневные значения цен десяти наиболее капитализированных криптовалют в период с 01.01.2017–30.06.2017 гг. По полученным данным проведены следующие операции.

1. Вычислены среднедневные доходности по каждой криптовалюте за весь период.
2. Построена годовая матрица ковариации и вычислено среднеквадратическое отклонение.
3. С помощью надстройки «Поиск решения» в Microsoft Excel найдена максимальная доходность.

Таким образом, на основании полученного эффективного множества портфелей активов по модели Марковица можно сделать вывод об обнаружении влияния волатильности на доли криптовалют входящих в портфель.

Результаты. На первом этапе среднедневная доходность по каждой криптовалюте составила:

Таблица 1

Среднедневные доходности по каждой криптовалюте

<i>BTC/USD</i>	<i>ETH/USD</i>	<i>XRP/USD</i>	<i>XLM/USD</i>	<i>LTC/USD</i>	<i>XMR/USD</i>	<i>DASH/USD</i>	<i>ETC/USD</i>	<i>NEO/USD</i>	<i>XEM/USD</i>
214,59	816,75	1120,88	778,63	589,99	333,44	678,33	640,79	1203,35	950,56

На следующем этапе была составлена ковариационная матрица, которая определяет зависимость между парами всех криптовалют. И по расчетам матрицы было найдено среднеквадратическое отклонение (см. табл. 2) доходности каждой валюты, т.е. средний разброс цены от математического ожидания, что является показателем риска данных криптовалют.

Таблица 2

Среднеквадратическое отклонение доходности

<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>
75,27	143,29	332,21	278,25	189,75	145,93	153,26	171,19	306,69	195,95

Следующий шаг – нахождение эффективного множества портфелей данных криптовалют. Для была использована надстройка «Поиск решения» в MS Excel, где необходимо максимизировать величину дохода. Диапазон, в котором лежат значения риска портфелей, выбран от $\sigma=0,3$ до $\sigma=3$ с шагом 0,3. Таким образом, определим максимальную доходность портфеля и его структуру, то есть доли инвестиционных активов (криптовалют), зафиксировав значение риска в этом диапазоне с некоторым шагом. В результате при различном значении риска, полученные результаты будут меняться на новые. Можно увидеть, что максимальная доходность и доли каждой криптовалюты в портфелях будут:

Таблица 3

Наличие эффективного множества портфелей данных криптовалют

Риск	Доли										Доходность % - годовых
$\sigma=0,3$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	376,6500
	0,74	0,13	0,03	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,03	
$\sigma=0,6$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	375,7392
	0,74	0,13	0,03	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	
$\sigma=0,9$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	768,1458
	0,16	0,30	0,11	0,00	0,05	0,00	0,15	0,00	0,06	0,16	
$\sigma=1,2$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	984,9504
	0,00	0,34	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,29	
$\sigma=1,5$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1061,2670
	0,00	0,10	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	
$\sigma=1,8$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1115,0750
	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,25	
$\sigma=2,1$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1152,0040
	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,09	
$\sigma=2,4$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1180,1610
	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	
$\sigma=2,7$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1192,4380
	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	
$\sigma=3,0$	<i>BTC/ USD</i>	<i>ETH/ USD</i>	<i>XRP/ USD</i>	<i>XLM/ USD</i>	<i>LTC/ USD</i>	<i>XMR/ USD</i>	<i>DASH/ USD</i>	<i>ETC/ USD</i>	<i>NEO/ USD</i>	<i>XEM/ USD</i>	1201,5150
	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	

Заключение. По результатам расчетов (см. табл. 3) можно сделать вывод об обнаружении влияния волатильности на доли криптовалют входящих в портфель. Так можно заметить, что при

волатильности в 120% BTC/USD, XLM/USD, LTC/USD, XMR/USD, DASH/USD, ETC/USDнаименее рисковые валюты.

Криптовалюта NEO/USD наиболее рисковая и за счет того, что у нее положительные корреляции с остальными валютами, она увеличивает доходность. Получается, что с ростом риска ее доля растет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maleeva, E.A., Moshenets, M.K., Kritski, O.L. (2017). Automatic data processing system of renewable electric power prices in end – use residential sector of USA [Electronic resource]. APRN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 12, No. 2, pp. 599-601.
2. Малеева, Е.А., Бельснер, О.А, Крицкий, О.Л. Формирование портфеля ценных бумаг с использованием предельной величины риска // Финансы и кредит. – 2018. – Т. 24., № 12. – С. 2708–2720.