

Библиографические ссылки

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности»: Закон Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 57-3: с изм. и доп. от 4 июня 2015 г. № 268-3, 17 июля 2017 г. № 52-3. Минск, 2013.
2. Яницкая С. Программно-целевой метод бюджетного планирования. Проблемы применения // Финансы и кредит. 2013. С. 30
3. Дехтеренок Т. От управления расходами – к прогнозированию результатов // Финансы. Учет. Аудит. 2014. С. 15
4. Managerial accounting «Budget accounting» : site. URL: <https://www.britanica.com/topic/accounting/Managerial-accounting#ref9216> (date access: 23.04.2021).

УДК 330.322.5

MINIMUM COVARIANCE DETERMINANT КАК РОБАСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОВАРИАЦИОННОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ

В. С. Сташевский

аспирант, экономический факультет, Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: sv6382@gmail.com

В данной статье рассматривается вопрос о проблематике использования выборочной ковариационной матрицы в приложении к решению задачи составления инвестиционного портфеля, а также метод Minimum Covariance Determinant как робастный метод получения оценки матрицы ковариации.

Ключевые слова: финансовый портфель; нормальность распределения случайной величины; ковариационная матрица; логарифмическая доходность; финансовый рынок.

MINIMUM COVARIANCE DETERMINER AS A ROBUST METHOD FOR EVALUATING COVARIANCE MATRIX FOR INVESTMENT PORTFOLIO

V. S. Stashevsky

Postgraduate Student, Faculty of Economics, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: sv6382@gmail.com

This article considers the problem of using the sample covariance matrix as the application to the investment portfolio optimization problem, as well as the Minimum Covariance Determinant method as a robust method of obtaining the estimation of a covariance matrix.

Keywords: financial portfolio; normal distribution of a random variable; covariance matrix; logarithmic returns; financial market.

Оценка матрицы ковариации для логарифмических доходностей финансовых активов – основополагающая процедура составления и оптимизации инвестиционных портфелей. Кроме того, на основе ковариационной матрицы может осуществляться оценка рыночного риска портфеля по методологии Value-at-Risk [4]. В частности задача оптимизации инвестиционного портфеля, при которой минимизируется риск портфеля, выраженный его дисперсией, была сформулирована Г. Марковицем и имеет следующий вид [2]:

$$\begin{cases} w\Sigma w^T \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^m w_i = 1, \\ w_i \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

где: w – вектор долей активов в портфеле; Σ – ковариационная матрица логарифмических доходностей активов; m – количество активов в портфеле.

Ограничение не отрицательности долей активов в портфеле необходимо, если не предполагается открытие «коротких» позиций. Короткие позиции – исключительно спекулятивные и высокорисковые сделки, которые не применимы для инвестиционных портфелей, рассчитанных на средний или долгий срок удержания позиций.

Оценка выборочной ковариационной матрицы между двумя случайными величинами предполагает нормальность распределения обоих и рассчитывается следующим образом:

$$\text{cov}_{x,y} = \frac{1}{N-1} \sum_i^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2)$$

где: N – общая длина выборки; \bar{x} – выборочное среднее переменной x ; \bar{y} – выборочное среднее переменной y .

Однако если отвергается гипотеза о нормальности распределения каждой переменной, которая отражает логарифмические доходности активов, то их средние выборочные перестают являться математическим ожиданием и тем самым оценка ковариации становится смещенной.

Как отмечалось ранее, гипотеза о нормальности распределения логарифмических доходностей финансовых активов достаточно часто отвергается в

силу наличия выбросов [4]. Особенно часто выбросы наблюдаются в кризисные моменты, когда на финансовом рынке имеет место полная неопределенность, характеризующаяся повышенной волатильностью.

Для данных, характеризующимися нормальностью распределения, расстояние от наблюдения до центра может быть вычислено с использованием расстояния Махаланобиса, которое определяется по формуле [1]:

$$d_i = \sqrt{(x_i - \mu)^T \Sigma^{-1} (x_i - \mu)} \quad (3)$$

где: d_i – расстояние Махаланобиса i -ой строки множества X до центра; μ – вектор математического ожидания; Σ^{-1} – обратная ковариационная матрица.

Стандартная оценка ковариационной матрицы, например, методом максимального правдоподобия (MLE), очень чувствительна к наличию выбросов в наборе данных, и, следовательно, расстояния Махаланобиса также чувствительны. Следовательно, возникает необходимость использовать надежную оценку ковариации, чтобы гарантировать, что оценка устойчива к «ошибочным» наблюдениям в наборе данных и что вычисленные расстояния Махаланобиса точно отражают истинную организацию наблюдений.

Питер Дж. Руссею в 1984 году предложил алгоритм для оценки Minimum Covariance Determinant (MCD), которая является устойчивой к выбросам, «ошибочным наблюдениям» и не требует нормальности их распределения [1]. Процедура оценка сводится к итеративному алгоритму, в основе которого лежит оценка выборочных средних, ковариационной матрицы и расстояний Махаланобиса (программная реализация алгоритма находится в открытом доступе на GitHub [6]).

Для сравнения оценок ковариаций стандартным методом и методом MCD были взяты логарифмические доходности акций 5 компаний, котирующихся на американской фондовой бирже. В таблице 1 представлены наименования акций компаний и проверка на нормальность с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова [3]. В данном случае гипотеза H_0 критерия состоит в том, что данные логарифмических доходностей подчиняются нормальному закону распределения. Все расчеты осуществлялись на основе данных [5] посредством языка программирования Python.

Таблица 1 – Наименование акций компаний и результаты проверки их логарифмических доходностей на нормальность распределения с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова

Тикер	Компания	Гипотеза
ESPR	Esperion Therapeutics Inc	H_1
AMC	AMC Entertainment Holdings	H_1
ABG	Asbury Automotive Group Inc	H_1
BFIN	Bank Financial Corporation	H_1
GPC	Genuine Parts Company	H_1

Примечание – Источник: собственная разработка автора на основе [5].

Исходя из результатов теста Колмогорова-Смирнова была отвергнута гипотеза Но о нормальности распределения логарифмических доходностей рассматриваемых компаний с доверительной вероятностью 5 %.

Для визуализации разницы между оценками ковариационной матрицы рассматриваемыми методами представлен рисунок 1, отражающий изолинии расстояний Махаланобиса, рассчитанных обоими методами.

Из рисунка 1 следует, что устойчивые расстояния Махаланобиса на основе MCD намного лучше подходят для точек, где их концентрация выше, тогда как расстояния на основе MLE в большей степени зависят от выбросов, поэтому меняется масштаб и форма распределения.

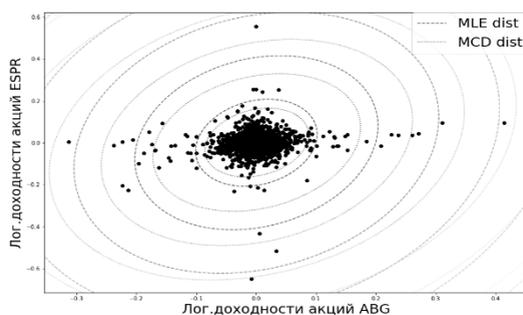


Рисунок 1 – График рассеивания между логарифмическими доходностями акций ABG и ESPR с нанесением изолиний на основе расстояний Махаланобиса стандартным методом (синий) и методом MCD (оранжевый)

Примечание – Источник: Разработка автора на основе [5].

В таблице 2 приводится сравнение стандартных отклонений рассматриваемых компаний оцененными двумя методами:

Таблица 2 – Сравнение оценок стандартных отклонение и средних значений стандартным методом и методом MCD

Тикер	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение на основе MCD	Среднее значение	Среднее значение на основе MCD
ESPR	0.05195329	0.03889873	4.47293846e-04	0.00144017
AMC	0.0402099	0.02466717	-1.21291944e-03	-0.00104258
ABG	0.02540964	0.01930199	5.15927036e-04	0.00097956
BFIN	0.02659743	0.00636133	7.28159355e-04	-0.00046706
GPC	0.01642837	0.01139581	-3.96658887e-06	0.00016876

Примечание – Источник: Разработка автора на основе [5].

Исходя из результатов, представленных в таблице 2, можно заметить существенную разницу между оценками двух подходов. Обычные выборочные стандартные отклонения в данном случае явно выше, что может привести к переоценке риска и снизить эффективность использования капитала [4]. С другой стороны, выборочные средние значения стремятся к нулю, в то время как оценки средних значений методом MCD относительно далеки от нуля.

Далее на рисунке 2 представлены две корреляционные матрицы, которые были получены на основе оценок ковариаций рассматриваемыми методами:

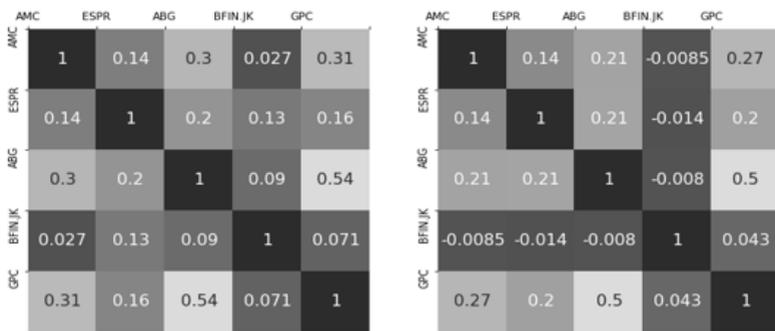


Рисунок 2 – Стандартная корреляционная матрица (слева) и корреляционная матрица на основе метода MCD (справа)

Примечание – Источник: Разработка автора на основе [5].

Исходя из полученных корреляционных матриц, можно заметить, что корреляции между логарифмическими доходностями в двух случаях различаются. В частности, по некоторым активам наблюдается различие в знаках корреляции, а также корреляции, полученные методом MCD, демонстрируют более низкую корреляционную зависимость между активами.

Таким образом, алгоритм MCD может использоваться при решении оптимизационной задачи составления инвестиционного портфеля для расчета робастной ковариационной матрицы, которая менее чувствительна к выбросам в данных и не требует нормальности их распределения в отличие от стандартного способа метод получения выборочной ковариационной матрицы.

Библиографические ссылки

1. Rousseeuw P. J. Least median of squares regression // J. of the Amer. Statist. Assoc. 1984. № 79. P. 871–881.
2. Markowitz H. Portfolio Selection // J. of Finance. 1952. P. 77–91.

3. Krishnamoorthy K. Handbook of statistical distributions with applications. 2nd ed. New York: CRC Press, 2015. 398 p.

4. Сташевский В. С. Stochastic Drawdown Risk как комплексная методология оценки рыночного риска финансовых активов и инвестиционных портфелей // Банк. вестник. 2020. № 7/684. С. 38–48.

5. Информационный ресурс Finance.Yahoo / YahooFinance : сайт. Минск, 2021. URL: <https://finance.yahoo.com/?guccounter=1> (дата обращения: 20.01.2021).

6. Информационный ресурс GitHub URL: / GitHub : сайт. URL: https://github.com/scikit-learn/scikit-learn/blob/95119c13a/sklearn/covariance/_robust_covariance.py#L516 (дата обращения: 20.01.2021).

УДК 336.71

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ БАНКА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛИЕНТОВ

А. И. Стефанович

*соискатель, Белорусский государственный университет, г. Минск,
Республика Беларусь, e-mail: motevich.darya@yandex.ru*

В данной статье акцентируется внимание на том, что в условиях современного рынка производители товаров и услуг вынуждены менять устоявшиеся подходы ведения бизнеса и бизнес-процессы в целях сохранения своих клиентов и соответственно размера прибыли. Одной из ключевых направлений этих изменений является цифровая трансформация, которая является инструментом достижения указанных целей. Одним из участников рынка являются банки, услугами которых пользуются предприятия. Экономическое положение банков, в совокупности с наличием трудовых ресурсов позволяют банкам эффективно проводить цифровую трансформацию, которая в свою очередь оказывает влияние на деятельность их клиентов.

Ключевые слова: банки; цифровизация; трансформация издержки; риски.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DIGITALIZATION OF THE BANK'S BUSINESS PROCESSES AND THE EFFICIENCY OF CUSTOMERS ' ACTIVITIES

A. I. Stefanovich

*Applicant, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: motevich.darya@yandex.ru*