

85% ритейла будут предлагать не менее двух вариантов бесконтактных платежей;

К концу 2021 года закроется около 30% предприятий малого и среднего бизнеса, что повлечет за собой появление к 2023 году новых форм ведения микробизнеса и первых экосистемах. Для осуществления своей деятельности предприниматели будут использовать цифровые платформы [4].

В современном мире, где неустойчивость, неопределенность и постоянные сбои стали нормой, способность преодолевать эти трудности и стремление к успеху становится важнейшим источником конкурентного преимущества.

Для это необходимо использовать всю мощь цифровых технологий, расширенной аналитики данных и методов планирования и моделирования возможных сценариев для изучения новых стратегических возможностей и внедрения новых бизнес-моделей.

Список использованной литературы

1. PEX Network: Trends in Process Excellence 2021 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.processexcellencenetwork.com/organizational-change/reports/pex-network-trends-in-process-excellence-2021> – Date of access 10.02.2021.
2. 2020 Chief Strategy Officer Survey [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/leadership/chief-strategy-officer-survey.html> – Date of access 07.02.2021.
3. Top 8 digital transformation trends shaping 2021 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.mulesoft.com/lp/reports/top-digital-transformation-trends-2021> – Date of access 02.02.2021.
4. IDC Announces Key Technology Investment Trends for the Future Enterprise [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46913820> - Date of access 28.01.2021

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

В.С. Сташевский,
аспирант экономического факультета
БГУ, г. Минск,
sv6382@gmail.com

Аннотация. 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

Summary. 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. Руссееу 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 оценки 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 Но 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	H1
AMC	AMC Entertainment Holdings	H1
ABG	Asbury Automotive Group Inc	H1
BFIN	BankFinancial Corporation	H1
GPC	Genuine Parts Company	H1

Источник: собственная разработка автора на основе [5].

Исходя из результатов теста Колмогорова-Смирнова была отвергнута гипотеза H_0 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.

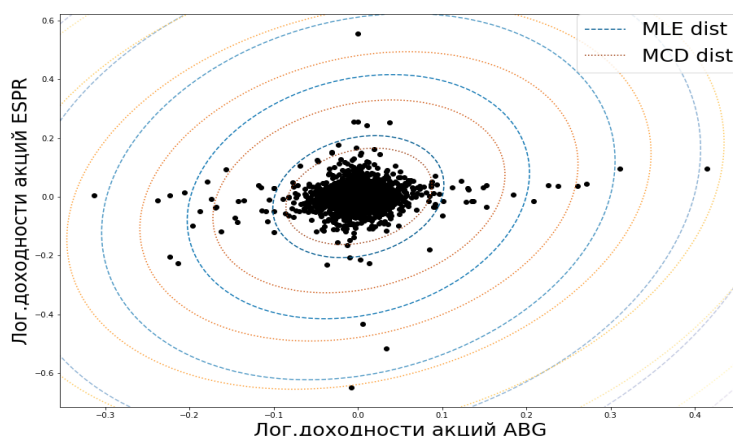


Рисунок 1 – График рассеивания между логарифмическими доходностями акций ABG и ESPR с нанесением изолиний на основе расстояний Махаланобиса стандартным методом (синий) и методом MCD (оранжевый)

Примечание – Разработка автора на основе [5]

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. 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

Источник: собственная разработка автора на основе данных [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:

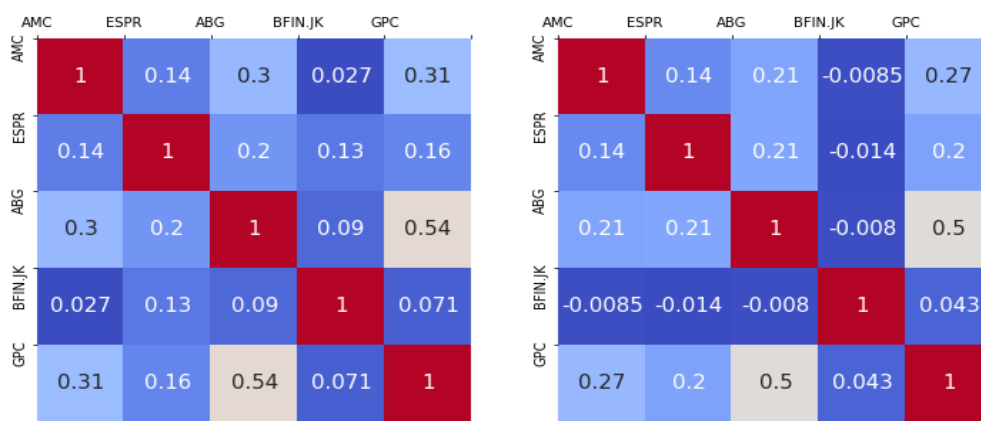


Рисунок 2 – Стандартная корреляционная матрица (слева) и корреляционная матрица на основе метода MCD (справа)

Примечание – 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.

Список использованной литературы

1. Rousseeuw, P. J. Least median of squares regression / P. J. Rousseeuw // J. of the Amer. Statist. Assoc. – 1984. – № 79. – P. 871 – 881.
2. Markowitz, H. Portfolio Selection / H. Markowitz // J. of Finance. – 1952. – P. 77–91.
3. Krishnamoorthy, K. Handbook of statistical distributions with applications / K. Krishnamoorthy. – 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 / В. С. Сташевский // Банк. вестн. – 2020. – № 7/684. – С. 38–48.
5. Информационный ресурс Finance.Yahoo [Электронный ресурс] / Yahoo Finance. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://finance.yahoo.com/>. – Дата доступа: 20.01.2021.
6. Информационный ресурс GitHub [Электронный ресурс] / GitHub. – Минск, 2021. – Режим доступа: https://github.com/scikit-learn/scikit-learn/blob/95119c13a/sklearn/covariance/_robust_covariance.py#L516. – Дата доступа: 20.01.2021.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.В. Стельмах,
магистрант факультета экономики
и бизнес технологий
БелГУТ, Гомель
Natalia_st82@mail.ru

Аннотация. Развитие цифровой экономики, основанной на использовании новейших информационных технологий, анализе большого объема данных, изменяет понимание и сущность экономической безопасности государства, частных лиц, бизнеса, что порождает угрозы и риски для всех участников экономических процессов. Цифровые платформы упрощают