

УТВЕРЖДАЮ



Проректор Национального
исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

к.э.н., доцент Рощин Сергей Юрьевич
«*Рощин*» 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Диссертация на тему: «Составление портфелей ценных бумаг на основе прогнозирования совместной функции распределения доходностей» выполнена на кафедре математической экономики и эконометрики факультета экономики НИУ ВШЭ.

В период подготовки диссертации соискатель Балаев Алексей Иванович работал экспертом в «Научно-аналитическом отделе» закрытого акционерного общества «Экономическая экспертная группа» и младшим научным сотрудником в «Центре бюджетного анализа и прогнозирования» федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский финансовый институт».

В 2008 году окончил бакалавриат НИУ ВШЭ по направлению «Экономика», в 2010 году – магистратуру НИУ ВШЭ по направлению «Экономика» и магистратуру негосударственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российская экономическая школа» (институт) по направлению «Экономика».

С 2010 г. по 2013 г. обучался в очной аспирантуре НИУ ВШЭ. Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2013 г. в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, профессор Шведов Алексей Сергеевич работает заместителем заведующего кафедрой и профессором на кафедре математической экономики и эконометрики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Участники фондовых рынков регулярно сталкиваются с задачей составления финансовых портфелей различных типов. Вопросы, связанные с оптимизацией портфелей активов, становятся все более актуальными в условиях развития мировых финансовых рынков и усложнения их структуры. Число случайных факторов, определяющих движение цен финансовых активов, растет, и вместе с ним возрастает необходимость корректного учета доступной информации с целью ограничить возможные риски при формировании оптимального портфеля. Оценку рисков финансового портфеля часто осуществляют с помощью различного рода многомерных вероятностных моделей для доходностей активов, входящих в портфель. При использовании таких моделей для составления портфелей инвестору необходимо оценить совместное распределение будущих доходностей задействованных активов, условное на доступной информации. Такая оценка является прогнозом распределения доходностей активов, входящих в портфель. От ее точности зависит то, насколько в действительности портфель будет отвечать критериям, на основе которых он формировался. Поэтому прогнозирование совместного распределения доходностей активов является актуальной задачей, и методы этого прогнозирования постоянно совершенствуются.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Диссертационное исследование является самостоятельным законченным трудом автора. Автором получены следующие результаты:

1. Предложена методика построения MGARCH моделей на основе многомерного t -распределения с вектором степеней свободы. С ее помощью проведено два эмпирических исследования:
 - 1.1. Сравнение многомерного t -распределения с вектором степеней свободы с другими параметризациями в задаче прогнозирования условного распределения доходностей мировых фондовых индексов.
 - 1.2. Сравнение оптимальных портфелей из акций российских компаний, составленных с помощью модели на основе многомерного t -распределения с вектором степеней свободы и с помощью моделей на основе других распределений.
2. Получены общая формула и условия существования смешанных моментов многомерного t -распределения с вектором степеней свободы.
3. Для стандартизованного многомерного t -распределения с вектором степеней свободы:
 - 2.1. Найдены одномерные маргинальные функции плотности и характеристические функции.
 - 2.2. Предложена асимметричная модификация.
 - 2.3. Построена копула.
4. Разработан алгоритм симулирования многомерного t -распределения с вектором степеней свободы.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Многомерное t -распределение с вектором степеней свободы предложено относительно недавно и является малоизученным как с теоретической, так и с эмпирической точки зрения. В диссертации:

1. Впервые рассмотрено применение многомерного t -распределения с вектором степеней свободы для:

1.1. Прогнозирования условного распределения доходностей мировых фондовых индексов.

1.2. Составления оптимальных портфелей из акций российских компаний.

2. Существенно развита теория многомерного t -распределения с вектором степеней свободы:

Для распределения в общем виде:

2.1. Получены формула и условия существования смешанных моментов.

2.2. Предложена методика построения многомерных GARCH моделей.

2.3. Разработан алгоритм симулирования.

Для распределения в стандартизованном виде:

2.4. Найдены одномерные маргинальные функции плотности и характеристические функции.

2.5. Предложена модификация с введением вектора параметров скошенности.

2.6. Построена копула.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

В диссертации получены теоретические свойства многомерного t -распределения с вектором степеней свободы и предложен алгоритм его симулирования, а для стандартизованной версии распределения построены асимметричная модификация и копула. Данные результаты позволяют развивать существующие многомерные эконометрические модели и строить новые, в чем заключается теоретическая значимость работы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

С помощью полученных в работе свойств многомерного t -распределения с вектором степеней свободы и объектов, построенных на его основе, можно применять данное распределение для более эффективного решения практических задач, в которых используется классическое многомерное t -распределение. В этом заключается практическая значимость диссертации. В частности, полученные результаты могут использоваться для построения более гибких моделей многомерных финансовых временных рядов, которые применяются для прогнозирования доходностей и составления портфелей.

Результаты диссертации использовались при чтении лекций по курсам «Анализ финансовых временных рядов» для студентов первого курса магистратуры факультета экономики НИУ ВШЭ, «Многомерные модели для

волатильности и их приложения в финансовых расчетах» для студентов второго курса магистратуры факультета экономики НИУ ВШЭ, а также «Модели финансовых рынков» для студентов четвертого курса бакалавриата факультета экономики НИУ ВШЭ.

ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Научные положения диссертации корректно обоснованы в рамках существующих подходов к моделированию многомерных финансовых временных рядов и в рамках теории многомерных вероятностных распределений. Доказательства теоретических результатов выполнены корректно. Выдвинутые гипотезы проверены с использованием мировых и российских финансовых данных, и для них получены подтверждения.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Результаты диссертации были представлены на следующих научных конференциях и семинарах:

1. Совместный научный семинар кафедры математической экономики и эконометрики и лаборатории макроструктурного моделирования экономики России. НИУ ВШЭ, Москва, 10 июля 2012 г.
2. IV Международная научно-практическая конференция студентов и аспирантов «Статистические методы анализа экономики и общества». НИУ ВШЭ, Москва, 16 мая 2013 г.
3. Семинар «Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов». ЦЭМИ РАН, Москва, 22 мая 2013 г.
4. Научно-практическая конференция «Эконометрические методы в исследовании глобальных экономических процессов», совместный доклад с Шведовым А.С. МГИМО, Москва, 29 октября 2013 г.
5. Семинар исследовательского проекта Российской Экономической Школы «Econometrics of many financial assets», РЭШ, 7 февраля 2014 г.

Диссертация также регулярно обсуждалась на научных семинарах кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ.

ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ:

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 7 работах общим объемом 8,7 п.л. (личный вклад автора 8,6 п.л.), 3 из них опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Работы, опубликованные автором в перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК:

1. Балаев А.И. Анализ многомерных временных рядов финансовых доходностей: сравнение различных подходов к моделированию тяжелых хвостов // Экономический журнал Высшей школы экономики, 2013. – № 2(17). – С. 239–263. (1 п.л.)
2. Балаев А.И. Копула на основе многомерного t -распределения с вектором степеней свободы // Прикладная эконометрика, 2014. – № 1(33). – С. 90–110. (0,9 п.л.)
3. Балаев А.И. Многомерное скошенное t -распределение с вектором степеней свободы и его применение в моделях финансовых рынков // Прикладная эконометрика, 2011. – № 3(23). – С. 79–97. (0,8 п.л.)

В других изданиях:

4. Балаев А.И. Моделирование доходностей и составление портфелей из акций российских компаний / Препринты Издательского дома ВШЭ. Серия WP2 «Количественный анализ в экономике», 2013. – №03. – 48 С. (2 п.л.)
5. Балаев А.И. Моменты многомерного t -распределения с вектором степеней свободы, одномерные маргинальные функции плотности и характеристические функции / Препринты Издательского дома ВШЭ. Серия WP2 «Количественный анализ в экономике», 2012. — №03. — 36 С. (1,5 п.л.)
6. Балаев А.И. Применение многомерного t -распределения с вектором степеней свободы при анализе финансовых временных рядов // В кн.: Сборник трудов научно-практической конференции «Эконометрические методы в исследовании глобальных экономических процессов». М.: Анкил, 2013. С. 240–249. (0,4 п.л.) (в соавторстве со Шведовым А.С., вклад автора – 0,3 п.л.)
7. Balaev A.I. Modelling Financial Returns and Portfolio Construction for the Russian Stock Market // International Journal of Computational Economics and Econometrics, 2014. – № 1/2(4). – С. 32–81. (2,1 п.л.)

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Диссертационная работа Балаева Алексея Ивановича на тему «Составление портфелей ценных бумаг на основе прогнозирования совместной функции распределения доходностей» – это законченная научная работа, соответствует требованиям пп. 9-10 Положения о присуждении ученых степеней, Паспорту специальностей научных работников: специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики, в части пунктов 1.1 Разработка и развитие математического аппарата анализа экономических систем: математической экономики, эконометрики, прикладной статистики, теории игр, оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и других методов, используемых в экономико-математическом моделировании; 1.6. Математический анализ и

моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов.

Диссертация «Составление портфелей ценных бумаг на основе прогнозирования совместной функции распределения доходностей» Балаева Алексея Ивановича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики».

Заключение принято на заседании кафедры математической экономики и эконометрики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., протокол № 4 от 3 апреля 2014 г.

Кандидат физико-математических наук,
профессор,
заведующий кафедрой
математической экономики и эконометрики
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

Г.Г. Канторович



Приложение
к Заключению кафедры

Выписка из протокола заседания кафедры математической экономики и
эконометрики НИУ ВШЭ №4 от 3 апреля 2014 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

1. Вакуленко Е.С., к.э.н., старший преподаватель кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
2. Вельдяков В.Н., аспирант кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
3. Демешев Б.Б., старший преподаватель кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
4. Демидова О.А., к.ф.-м.н., доцент кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
5. Ершов Э.Б., д.э.н., профессор кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
6. Ипатова И.Б., аспирант кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ, эксперт НП «ЦМАКП»
7. Канторович Г.Г., к.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
8. Лис А.И., аспирант кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
9. Мамонов М.Е., научный сотрудник Лаборатории анализа и прогноза экономических процессов НИУ ВШЭ, ведущий эксперт НП «ЦМАКП»
10. Морозкина А.К., эксперт Центра «Экспертный совет Организационного комитета по подготовке и обеспечению председательства РФ в «Группе восьми» РАНХиГС
11. Пересецкий А.А., д.э.н., профессор кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
12. Пестова А.А., научный сотрудник Лаборатории анализа и прогноза экономических процессов НИУ ВШЭ, ведущий эксперт НП «ЦМАКП»
13. Пильник Н.П., к.э.н., старший преподаватель кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
14. Поляков К.Л., к.т.н., доцент кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
15. Поспелов И.Г., д.ф.-м.н. член-корреспондент РАН, профессор кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ, заведующий отделом математического моделирования экономических систем ВЦ РАН
16. Савицкий В.А., стажер-исследователь Научно-учебной лаборатории макроструктурного моделирования экономики России НИУ ВШЭ
17. Солнцев О.Г., к.э.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории анализа и прогноза экономических процессов НИУ ВШЭ, руководитель направления анализа денежно-кредитной политики и банковского сектора НП «ЦМАКП»
18. Станкевич И.П., преподаватель кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ
19. Фантаццини Д., к.э.н., доцент кафедры эконометрики и математических методов экономики МШЭ МГУ имени М.В. Ломоносова

20. Шведов А.С., д.ф.-м.н., профессор, заместитель заведующего кафедрой математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ

Рецензенты:

Пересецкий А.А., д.э.н., профессор кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ

Поляков К.Л., к.т.н., доцент кафедры математической экономики и эконометрики НИУ ВШЭ

ХОД ОБСУЖДЕНИЯ:

1. Вопросы, заданные присутствовавшими на заседании и ответы на них соискателя.

Канторович Г.Г.: Какое преимущество дает участникам финансовых рынков использование многомерного t -распределения с вектором степеней свободы, рассмотренного в вашей работе?

Ответ: Если распределения доходностей некоторых активов имеют существенно различающиеся коэффициенты эксцесса, это должно учитываться при прогнозировании доходностей данных активов и составлении портфелей, в который они включаются. Многомерное t -распределение с вектором степеней свободы позволяет учитывать различия эксцессов при прогнозировании условных распределений доходностей и составлении портфелей, в чем и заключается преимущество его использования на практике.

Пересецкий А.А.: На графиках накопленной доходности некоторых портфелей к концу прогнозного периода прирост достигает 350%. Чем объясняется такое значительное увеличение стоимости данных портфелей?

Ответ: В проведенных расчетах использовались следующие значения параметров. Минимум ожидаемой доходности портфелей с условно минимальной дисперсией был установлен на уровне 0,5% в день, а максимум стандартного отклонения доходности портфелей с условно максимальной ожидаемой доходностью был установлен на уровне 7 п.п. в день. Таким образом, рассматривались достаточно агрессивные торговые стратегии, чем и объясняются большие накопленные доходности портфелей, достигнутые к концу прогнозного периода.

Демешев Б.Б.:

1. Что можно сказать об объеме ребалансировки портфелей, рассмотренных в работе? Каковы потенциальные транзакционные издержки составления этих портфелей?

Ответ: Для портфелей с минимальной дисперсией веса акций на прогножном интервале расположены в диапазоне от -0,3 до +1 и показывают относительно небольшие колебания. Поэтому для этих портфелей транзакционные издержки должны быть невелики. Для портфелей с условно минимальной дисперсией и условно максимальной ожидаемой доходностью веса акций находятся в диапазоне примерно от -4 до 4, что является реалистичным с учетом практики, сложившейся на российском фондовом рынке. Для данных портфелей веса акций демонстрируют существенные колебания в течение всего

прогнозного периода, что должно приводить к большим транзакционным издержкам. Они не рассчитывались в работе в силу недостатка статистической информации о транзакционных издержках на российском фондовом рынке.

2. Сколько параметров имеет каждое из распределений, использованных при моделировании динамики фондовых индексов? Не является ли доминирование многомерного t -распределения с вектором степеней свободы следствием того, что оно имеет больше параметров, чем другие распределения, рассматриваемые в данном приложении?

Ответ: Двумерное стандартизованное t -распределение с вектором степеней свободы имеет 2 параметра, со скаляром степеней свободы – 1 параметр, обобщенное распределение ошибки – 1 параметр, распределение Грама – Шарлье – 9 параметров. Поэтому максимальное число параметров в данном приложении имеет не t -распределение с вектором степеней свободы, а распределение Грама – Шарлье. t -распределение с вектором степеней свободы уступило по KLIC-тесту вне выборки t -распределению со скаляром степеней свободы в 7 из 15 рассмотренных случаев. Таким образом, в 7 случаях наличие большего числа параметров не привело к более высокому качеству прогнозов.

3. Какое время занимала оценка 10-мерных моделей, использованных при составлении портфелей акций? Вычисления проводились с использованием многоядерного процессора? Какой программный пакет использовался?

Ответ: Время вычисления оценок варьировалось в зависимости от рассматриваемого набора акций. Оценка моделей на основе многомерного нормального распределения занимала в среднем 3 часа, на основе t -распределения со скаляром степеней свободы – в среднем 12 часов, на основе t -распределения с вектором степеней свободы – в среднем 36 часов. Использовался компьютер с 8-ми ядерным процессором Intel Core i7 и программный пакет Artech Gauss 9.0.

Демидова О.А.: Вы демонстрировали графики непараметрических оценок условных функций плотности распределения доходностей фондовых индексов. Какое ядро использовалось и каким образом рассчитывалась ширина окна для данных оценок?

Ответ: Использовалось гауссово ядро. Ширина окна рассчитывалась по правилу Сильвермана. Данное правило выводится в предположении нормального распределения, однако на практике оно применяется и для других колоколообразных распределений. Графики непараметрических оценок условных функций плотности были построены для предварительной проверки наличия тяжелых хвостов в условных распределениях доходностей. В силу использования правила Сильвермана возможна их некоторая неточность. Однако наличие тяжелых хвостов в условных распределениях доходностей было также проверено с помощью одномерных GARCH моделей на основе t -распределения. Оценки параметров степеней свободы в данных моделях оказались достаточно низкими, что говорит о наличии тяжелых хвостов в условных распределениях доходностей.

Фантазини Д.: Какой критерий сходимости для градиента был выбран при оценке параметров моделей?

Ответ: Итерации прекращались, когда все элементы градиента были по модулю меньше величины 10^{-7} .

2. Выступления рецензентов.

Пересецкий А.А.: Являясь заместителем главного редактора журнала «Прикладная эконометрика», в котором опубликованы две статьи по материалам данной диссертации, я частично несу ответственность за ее качество. Считаю, что диссертация совершенно

достойна и удовлетворяет всем требованиям. Главное, что сделано в диссертации – предложен новый инструментарий финансовой эконометрики, связанный с многомерным t -распределением с вектором степеней свободы. Тщательно исследованы теоретические аспекты данного инструментария. Мои предложения по совершенствованию работы:

- Из результатов диссертации 6 являются теоретическими и 2 эмпирическими. Поэтому акцент в работе должен быть сделан на теоретических результатах, а не эмпирических.
- В первом эмпирическом приложении, рассмотренном в работе, используются многомерные GARCH модели типа BEKK, предполагающие симметричную реакцию волатильности на положительные и отрицательные шоки. Вероятно, здесь можно обойтись моделями с меньшим числом параметров за счет учета асимметрии в уравнении для динамики условной ковариационной матрицы. Данное замечание не является принципиальным, поскольку эмпирические приложения занимают меньшую часть работы.

Поляков К.Л.: Считаю, что выполнена большая работа, оцениваю ее однозначно положительно. Теоретическая часть диссертации выполнена очень аккуратно. Мои рекомендации по улучшению работы:

- Имеется смещение от решения прикладной задачи, близкой портфельным менеджерам, в область решения серьезной физико-математической задачи. Это следует отразить при представлении работы, более четко сформулировать постановку задачи.
- Следует уделить больше внимания тому, какие преимущества при составлении портфелей дает использование многомерного t -распределения с вектором степеней свободы, а также в целом вопросу о роли вероятностных распределений в задачах прогнозирования доходностей и составления портфелей.
- Нужно более подробно пояснить выбор моделей динамики волатильности, использованных в работе (BEKK и DCC-GARCH). Стоит привести дополнительные экономические аргументы в пользу выбранных моделей волатильности.
- Структура моделей, используемых в работе для составления портфелей, не меняется с течением времени, и параметры моделей не переоцениваются. Однако длина прогнозного периода достаточно велика (более года), и в течение него на финансовом рынке могут происходить различные структурные сдвиги. Это стоит учитывать при анализе портфелей, рассматриваемых в работе.
- Необходимо указать, что транзакционные издержки и возможные запреты на короткие продажи не учитываются в работе при составлении портфелей. Также нужно уделить внимание проблеме ограниченности ресурсов на рынке и доступности тех или иных акций.

3. Выступление научного руководителя.

Шведов А.С.: Мое отношение к работе однозначно положительное. У меня нет сомнений, что А.И. Балаев заслуживает присуждения степени кандидата наук, и работа соответствует существующим требованиям.

4. Выступления участвовавших в дискуссии.

Ершов Э.Б.: Диссертацию оцениваю однозначно положительно. Она полностью соответствует специальности 08.00.13. Полагаю, что работа должна защищаться в диссертационном совете ЦЭМИ по физико-математическим наукам, поскольку она будет непонятна большинству членов диссертационного совета НИУ ВШЭ. В ЦЭМИ есть специалисты, ориентированные на фундаментальную математику, и предъявляющие определенные требования в этой области.

Считаю сильной стороной работы тот факт, что в ней используется материал, который не включен в магистерские курсы эконометрики, а именно KLIC-тест, основанный на работе Кульбака и Лейблера 1951 г., книге Кульбака «Теория информации и статистика» 1967 г. и работе Вуонга 1989 г. Мои пожелания по совершенствованию работы:

- В названии отсутствует упоминание многомерного t -распределения с вектором степеней свободы, которому уделено основное внимание в работе. Название является существенно более общим, чем содержание работы, и его следует уточнить.
- Введение представляет работу как математическую, но ее первые две главы являются прикладными. Все математические результаты работы содержатся в главах 3 – 5. При этом данные результаты, как и работы научного руководителя, от которых они отталкиваются, относятся далеко не только к вопросу составления портфелей. Поэтому стоит рассмотреть вариант структуры, в котором главы 3 – 5 перенесены в начало, а главы 1 и 2 – в конец, и соответствующим образом изменен порядок представления результатов работы.
- В качестве одного из результатов диссертации стоит представить методическую программу для компьютера с реализацией разработанных методов.

Канторович Г.Г.: Кафедра рекомендует защищать данную диссертацию в ЦЭМИ, поскольку диссертационный совет ЦЭМИ включает наибольшее число специалистов, которым близка тема работы, и может наиболее адекватно оценить диссертацию. Кроме того, в ЦЭМИ можно защищать диссертацию по физико-математическим наукам, что соответствует характеру полученных результатов. Диссертационный совет НИУ ВЭШ по специальности 08.00.13 не покрывает отрасль «физико-математические науки».

Кандидат физико-математических наук,
профессор,
заведующий кафедрой
математической экономики и эконометрики
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

Г.Г. Канторович

