

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Хаметова Владимира Минировича
на диссертацию Смирнова Сергея Николаевича
на тему «Гарантированный детерминистский подход к математическому моделированию
финансовых рынков»,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ.

Диссертация Смирнова С.Н. посвящена построению математической детерминистской модели финансового рынка и торговых ограничений.

В главе 1 дано описание модели. Ее особенность состоит в том, что для динамики цен рискованных активов задается только множество всех допустимых сценариев (раздел 1.1). Также в главе 1 приведена математическая модель, описывающая эволюцию стоимости американского опциона на описанном рынке при условии гарантированного исполнения продавцом контракта своих обязательств (гарантированный подход) и выведены рекуррентные соотношения Беллмана–Айзекса для капитала портфеля продавца опциона (теорема 1.2.1).

В главе 2 работы введено несколько понятий, формализующих безарбитражность рынка, проанализированы их релевантность и взаимосвязь, обоснованы геометрические критерии их наличия (теоремы 2.3.1, 2.4.2, следствия 2.4.1-2.4.3).

В главе 3 приведены достаточные условия полунепрерывности сверху решений рекуррентных соотношений Беллмана–Айзекса для американского опциона (теорема 3.1.4), а также условия их непрерывности (теоремы 3.1.6 и 3.2.2). В главе 4 оценен модуль непрерывности для решений рекуррентных соотношений (теорема 4.2.1, предложение 4.2.3).

В главе 5 обоснован переход от детерминистской модели рынка к стохастической путем введения смешанных стратегий рынка. Сформулированы условия существования игрового равновесия (предложения 5.2.2-5.2.3 и теорема 5.3.1) и седловой точки в терминах смешанных стратегий рынка (предложение 5.2.3, следствие 5.2.1).

В главе 6 рассматриваются феллеровские модели переходных ядер смешанных стратегий рынка. Введено понятие реалистичности модели финансового рынка как модели, в которой существуют смешанные стратегии рынка с феллеровскими переходными ядрами, удовлетворяющими условию согласованности с предысторией цен (определение 6.1.1). Получен критерий реалистичности модели финансового рынка (теорема 6.1.1) и достаточные условия сильной феллеровости переходных ядер в строгом смысле (теорема 6.5.1).

Главы 7-8 посвящены изучению свойств оптимальных смешанных стратегий рынка и их носителей. В разделе 7.1 в предположении существования игрового равновесия в смешанных стратегиях рынка предложен двухэтапный метод решения рекуррентных соотношений Беллмана, разделяющий задачи ценообразования опциона и управления суперхеджирующим портфелем. Для случая отсутствия торговых ограничений установлено, что смешанные стратегии рынка достаточно искать в классе риск-нейтральных распределений с конечным носителем (предложение 7.2.1, теорема 7.3.2). Установлены достаточные условия выпуклости множества оптимальных смешанных стратегий рынка и полунепрерывности сверху отображения из предыстории цен в множество оптимальных смешанных стратегий рынка и в его пересечение с множеством мер с конечным носителем (теорема 8.1.1). В теореме 8.2.2 приведены условия

существования измеримого по Борелю переходного ядра для оптимальных смешанных стратегий рынка.

В Главе 9 при условии отсутствия торговых ограничений проведен анализ соотношения решений задач суперхеджирования в детерминистской и вероятностной постановках. Установлены условия, при выполнении которых функция Беллмана в стохастической постановке не превосходит функцию Беллмана в детерминистской постановке почти всюду (предложение 9.2.1), а также условия их равенства почти всюду (теорема 9.2.1). Проанализированы условия сохранения структурной устойчивости для близких вероятностных моделей рынка, т.е. выполнения для обеих моделей грубого условия отсутствия гарантированного арбитража с неограниченной прибылью, если известно, что это условие выполнено для одной из моделей (теорема 9.3.1).

В Главе 10 изложен подход к численному решению рекуррентных соотношений Беллмана—Айзекса для американского опциона путем замены исходной модели финансового рынка на близкую к ней, но устроенную проще. Введено понятие порога структурной устойчивости модели, т.е. верхней границы значения заданной полуметрики для компактов, описывающих неопределенность движения цен исходной и измененной моделей, при котором для измененной модели все еще выполняется условие отсутствия гарантированного арбитража с неограниченной прибылью (определение 10.1.1). Получены формулы для вычисления этого порога (теорема 10.1.1), а также оценка погрешности приближенного решения уравнений Беллмана—Айзекса (теорема 10.2.1). В разделе 10.4 даны ссылки на релевантные методы численного решения задач ценообразования опциона и управления суперхеджирующим портфелем. В разделе 10.5 подробно описана методика проведения и результаты вычислительного эксперимента по расчету опциона в рамках построенной модели, приведены сведения о разработанном диссертантом с соавторами комплексе программ, позволяющем численно решать задачу суперхеджирования портфеля опционов в рамках детерминистского подхода.

В Главе 11 диссертации проведен анализ свойств решения задачи суперхеджирования опциона с разрывной функцией выплаты (а именно, бинарного опциона) в рамках гарантированного детерминистского подхода. Основные результаты приведены в теореме 11.2.1.

Глава 12 посвящена применению детерминистского подхода к задаче маржирования производных финансовых инструментов на срочном (конечном) рынке. Для этой задачи приведены уравнения Беллмана—Айзекса (формулы (12.4.6)-(12.4.7)) и описаны модельные примеры расчета маржи.

Основным достоинством предложенного автором подхода и построенных в диссертации моделей является их практическая направленность, что выразилось в предложенном двухэтапном методе решения задачи гарантированного суперхеджирования (Глава 7), подробном обсуждении применимых численных методов и в разработанном комплексе программ (раздел 10.5 главы 10). Также следует отметить методологические достоинства предложенного подхода, позволяющего изложить базовые результаты, не опираясь на сложно проверяемые технические условия.

Текст диссертации отличается легким и, в то же время, подробным стилем изложения с фокусом на экономической интерпретации предложенного подхода, выбора отдельных параметров моделей и полученных результатов. Важным достоинством диссертации является большое количество примеров, поясняющих утверждения. Диссертация хорошо структурирована, подробно описаны и собраны вместе все предположения моделей, разбиение на главы продумано, всюду, где необходимо, имеются подробные ссылки на другие части диссертации и на литературу. В тексте почти нет опечаток.

Следующий несущественный недостаток текста диссертации является продолжением его достоинств: в отдельных случаях комментарии являются избыточно подробными и скорее уместны для учебника, чем для диссертации. Например, длинный и

подробный анализ истории института центрального контрагента и известных подходов управления его рисками (основное содержание разделов 12.1-12.2 главы 12). Отметим также следующие недочеты: 1) автор, вероятно, забыл указать ссылку на статью Уинклера (Winkler), когда цитировал утверждение из этой работы на стр. 168, ссылка приведена только в сноске 38 на странице 169; 2) имеются ошибки в названиях статей автора. Так, под номером 50 (русский текст) должно быть указано: «Геометрический критерий грубого условия отсутствия гарантированного арбитража с неограниченной прибылью», а под номером 75 (русский текст) – «Guaranteed Deterministic Approach to Superhedging: A Numerical Experiment».

Приведенные выше недостатки не снижают общей высокой оценки работы Смирнова С.Н. Представленная к защите диссертация является завершенным фундаментальным исследованием. Это самостоятельная научно-квалификационная работа, обладающая признаками актуальности, новизны, практической значимости. Выносимые на защиту положения являются новыми. Они обоснованы приведенными в тексте диссертации подробными математическими доказательствами. Работа выполнена на высоком научном уровне. Результаты, вынесенные на защиту, опубликованы в российских и иностранных журналах, удовлетворяющих всем применимым требованиям.

Диссертация Смирнова Сергея Николаевича на тему: «Гарантированный детерминистский подход к математическому моделированию финансовых рынков» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Смирнов Сергей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета
доктор ф.-м. наук, профессор,
профессор-исследователь
департамента прикладной математики
Московского института электроники и математики
им. А.Н. Тихонова
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
vmkhametov@hse.ru;
khametovvm@mail.ru

Хаметов В.М.

Хаметов

22 мая 2023 года

Подпись заверяю

СПЕЦИАЛИСТ
ПО ПЕРСОНАЛУ

ХИСИИ М.

