

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертационной работе Артема Игоревича Пьяных
«Решение игровых задач для биржевых торгов
с обобщенным механизмом формирования сделки»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.01.09 –
дискретная математика и математическая кибернетика

Диссертационная работа А. И. Пьяных принадлежит к направлению в математической теории игр, которое активно развивается в последнее время. Для адекватного восприятия смысла этих исследований полезно вспомнить глобальный финансовый кризис, начавшийся в 2007 году и до сих пор не преодоленный. Тогда было развеяно немало иллюзий относительно того, насколько глубоко экономическая наука понимает происходящие в реальном мире процессы. Отчетливо ощутилась потребность в принципиально новых подходах. И вот тут новые теоретико-игровые модели финансового рынка, впервые появившиеся на десятилетие раньше, оказались как нельзя более кстати. В России это направление было подхвачено петербургскими математиками: В. К. Доманским, В. Л. Крепс и их учениками и последователями.

Пожалуй, самой интересной идеей, разрабатывающейся в этих исследованиях, является новое объяснение безусловно наблюдаемому сходству динамики биржевых цен и траекторий случайного блуждания: дело может быть не в хаотичных воздействиях извне, а в целенаправленных действиях самих участников рынка, точнее говоря, тех из них, кто имеет более точную информацию об обстановке. Для обоснования этой идеи рассматривается крайне схематическая модель функционирования фондового рынка: два агента, «инсайдер» и «аутсайдер», не имеют потребности что-либо купить или продать, но надеются на выигрыш от спекулятивных сделок с одним типом финансового актива. При этом есть принципиальное различие в их информированности: инсайдер заранее знает истинную стоимость актива, а аутсайдеру известно только распределение вероятностей.

С точки зрения традиционной теоретико-игровой номенклатуры речь идет о повторяющихся антагонистических играх с неполной (и асимметричной) информацией. Общая теория была развита Ауманом и Машлером в 1960-х годах, однако общая теория не достаточна для реального нахождения решений, поэтому последующим исследова-

телям приходилось и приходится каждый раз изобретать свои приемы. В результате выяснилось, что при весьма широких предположениях применение оптимальных стратегий приводит как раз к динамике цены, воспроизводящей случайное блуждание.

В общих рамках этого направления исследований диссертант сосредоточил свое внимание на прояснении некоторых моментов, которые можно назвать техническими, но нельзя назвать малосущественными. Речь идет, прежде всего, о правилах подведения итога торгов на каждом шаге. Все предыдущие исследователи предполагали, что покупатель платит названную им цену (т.е. продавец, скорее всего, получает больше, чем запросил). Никакого специального обоснования никогда не предлагалось, просто была надежда, что качественные выводы не должны бы зависеть от таких деталей. Теперь мы знаем, что, действительно, можно сделать гораздо более общие предположения о том, как формируется реальная цена, и проанализировать задачу до конца. Кстати говоря, найденные оптимальные стратегии обладают некоторыми особенностями, не появлявшимися раньше, хотя общая картина траекторий остается такой же.

Таким образом, можно сказать, что данная диссертационная работа завершает определенный этап в развитии теоретико-игрового моделирования биржевых торгов.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении дается общее описание изучаемой проблемы и приводится обзор соответствующей литературы. Здесь же приведены все необходимые ритуальные формулировки: актуальность, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена исследованию модели с дискретными (целочисленными) ставками, двумя состояниями, «высоким» и «низким», и бесконечным числом повторений. Оказывается, что аутсайдер имеет просто чистую оптимальную стратегию: ставка на первом шаге вычисляется по значению параметра β (при $\beta = 1$ получается в точности стратегия, предложенная В. К. Доманским); на всех последующих шагах выбор предыдущего шага корректируется на единицу в направлении ставки инсайдера.

Оптимальная стратегия инсайдера строится рекурсивно: владея всей информацией, доступной аутсайдеру, инсайдер управляет апостериорной (с точки зрения аутсайдера) вероятностью высокой цены; при этом его смешанная стратегия имеет двухточечный спектр. Показано, что наихудшими для инсайдера значениями параметра β являются крайние точки отрезка $[0, 1]$. Когда вероятность высокой цены достигает значения 0 или 1, игра, по существу, заканчивается, так как никакие сделки уже невозможны. Само движение текущей цены сделки оказывается случайным блужданием. Найдена средняя продолжительность игры. Необходимо отметить, что случайный процесс здесь получается более сложным, чем у В. К. Доманского (при $\beta = 1$).

Во второй главе исследуется дискретная модель со счетным множеством состояний. Действительная цена актива может быть любым неотрицательным целым числом; единственное ограничение на априорное распределение вероятностей – конечность дисперсии. Ставки на каждом шаге также могут быть любыми неотрицательными целыми числами. Оптимальная стратегия аутсайдера оказывается аналогичной стратегии, построенной в первой главе. Спектр оптимальной смешанной стратегии ипсайдера теперь содержит три точки, а динамика апостериорных распределений более сложная.

В третьей главе действительная цена актива, как и в первой главе, принимает два возможных значения. Агенты делают любые промежуточные ставки при фиксированном числе шагов. Вводится понятие двойственной по Фенхелю игры, с помощью которого строится оптимальная стратегия аутсайдера. Важную роль здесь играет правильная параметризация одношаговой стратегии каждого агента. Как и в работе де Мейера и Салей оказывается, что значение игры, в отличие от оптимальных стратегий, не зависит от параметра β .

В конце работы описан численный алгоритм решения любой конечной игры такого типа. В разделе 3.6 с его помощью получено аналитическое решение для двух конкретных примеров.

В заключении даны адекватные формулировки основных результатов работы.

Ни постановка задачи, ни предложенные решения не имеют принципиальных недостатков. Основные претензии, которые можно предъявить автору, относятся к словесным объяснениям математических конструкций, в вводных разделах и в автореферате. Например, «...мы считаем, что множества действий одного игрока известно другому.» (Автореферат, с. 8; диссертация, с. 16.) Почему не сказать «...множество действий *каждого* игрока...»? Роли игроков здесь разные, поэтому нельзя ожидать, что читатель сразу поймет эту фразу правильно. В следующем абзаце: «элемент из матрицы ... вычитается из выигрыша второго.» Читатель должен сам догадаться, что второй игрок остается в неведении, что же именно вычли из его выигрыша. В первой фразе абзаца на стр. 10 автореферата (с. 18 диссертации) постулируется, «что игроки обладают неограниченными запасами рискованных и безрисковых активов», а в последней фразе того же абзаца, «что в начальный момент времени оба игрока имеют нулевые портфели». Что тут должен думать читатель?! Почему бы не сказать, что отслеживаются *изменения* первоначального, условно говоря, неограниченного портфеля?

Некоторые особенности изложения не мешают всерьез пониманию, но просто раздражают читателя. Крайне неудачен перевод английского термина *beliefs* как «убеждения». Все-таки убеждения не могут непрерывно меняться, как оно здесь происходит;

«представления» или даже «оценки» были бы лучше. Совершенно невольно употреблено выражение «переговорная сила продавца» (с. 18 диссертации): здесь ведь нет постоянного продавца, каждый агент может в любой момент оказаться в этой роли. Правильнее было бы говорить о том, насколько принятая процедура благоприятствует продавцу, независимо от того, кто именно им окажется.

Указанные замечания не влияют на итоговую оценку проделанной работы. Диссертационная работа А. И. Пьяных представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне. Полученные результаты являются новыми, строго доказаны и вносят существенный вклад в математическую теорию игр. Результаты своевременно опубликованы в научной печати. Автореферат правильно отражает основные результаты диссертации.

Считаю, что данная научно-квалификационная работа удовлетворяет всем требованиям, предусмотренным пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» и предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика, а ее автор – Артем Игоревич Пьяных – заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Официальный оппонент

Николай Серафимович Кукушкин

доктор физико-математических наук

Вычислительный центр им. А. А. Дородницына

Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»

Российской академии наук

Ведущий научный сотрудник

Москва, 119333, ул. Вавилова, д. 40 Тел. +7-499-1351209; E-mail: ququns@inbox.ru

08.12.2016

Подпись д.ф.-м.н. Н. С. Кукушкина заверяю,

Ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН

д.т.н.



4

Виктор Николаевич Захаров

8.12.2016