

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Красовского Николая Андреевича “Декомпозиционные алгоритмы построения равновесных решений в динамических играх”, представленной к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности « 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ » в диссертационный совет Д.212.285.25 на базе ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина”

### Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Николая Андреевича Красовского посвящена математическому моделированию игровых ситуаций, возникающих в науках по окружающей среде, в моделях взаимодействия участников рынка и теории инвестиций. Уже этот перечень задач говорит об актуальности темы данной диссертации.

В диссертации используются методы и подходы, разрабатываемые в Свердловской (ныне Екатеринбургской) школе по оптимальному управлению и дифференциальным играм. Для конкретных динамических кооперативных игр аукционного типа доказываются существование точек максимума по Парето, в том числе точки рыночного равновесия, доминирующие точку равновесия по Нэшу по всем критериям. Разрабатываются новые аналитические методы оценки и вычислительные алгоритмы для построения рыночного равновесия. Проведенное в работе сравнение результатов разработанного автором вычислительного алгоритма со значениями аналитического метода демонстрирует достаточно высокую точность предложенных конструкций. Построены максимизирующие стратегии игроков по функции оптимального гарантированного результата для биматричных эволюционных игр в рамках концепции дифференциальных игр, предложенных в работах Н.Н. Красовского и А.И. Субботина и развитых А.Ф. Клейменовым для неантагонистических дифференциальных игр.

Сказанное выше безусловно позволяет считать тему диссертации актуальной.

## Основные результаты диссертации

Диссертация состоит из введения, двух глав, списка литературы и включает 25 рисунков.

Введение содержит обзор основных целей и задач, рассматриваемых в диссертации, а также краткое описание основных результатов, полученных автором.

В первой главе диссертации объединяются математическая и экономическая модели, соответственно, модель некооперативных игр и модель торговли аукционного типа. В неантагонистической кооперативной игре решение сдвигает равновесную ситуацию по Нэшу к точке, лежащей на множестве по Парето. Автор разработал декомпозиционный алгоритм по обмену информацией между участниками динамической игры, обеспечивающий требуемый сдвиг. Участники аукциона оптимизируют свои функции выигрыша при заданной цене игры и сообщают свой оптимальный ответ аукционеру. Обмен информацией между аукционером и каждым участником игры осуществляется независимо от других участников аукциона. Разработанная конструкция иллюстрируется переговорным процессом по снижению промышленных эмиссий. В первой главе доказывается существование точек максимума по Парето, в том числе точки рыночного равновесия, которые доминируют точку равновесия по Нэшу по рассматриваемым критериям.

Во второй главе диссертационной работы рассмотрена модель эволюционной игры с ненулевой суммой между двумя группами участников. Автором построены конструкции динамического равновесия по Нэшу с гарантирующими стратегиями игроков, максимизирующими соответствующие функции выигрыша. Строятся траектории, которые гарантируют результат лучший, по сравнению с классическими моделями эволюционных игр, например, с моделями статических игр. Приводятся иллюстрирующие примеры конкретных моделей биматричных игр и их решений, доведенные до численных алгоритмов, реализованных на ЭВМ. Доказано, что траектории, порожденные максимизирующими позиционными стратегиями, гарантируют результат в биматричной эволюционной игре на

бесконечном горизонте для выбранных функционалов выигрышей, не хуже, чем значение выигрыша в биматричной статической игре.

Оценивая диссертацию в целом, следует отметить, что в ней решены конкретные задачи математического моделирования в экономике, интересные как в теоретическом, так и в практическом отношении. В работе получены важные результаты, которые потребовали построения новых модификаций конструкций неантагонистических дифференциальных игр. В процессе исследования автор использовал нетривиальные преобразования решаемых задач, отыскивая при этом наиболее удачные, с точки зрения применения, ранее разработанные в теории дифференциальных игр, методы.

Диссертационная работа хорошо структурирована, выделены определения, которые затем наглядно поясняются на содержательном уровне.

#### **Критический анализ диссертации**

Диссертация Н.А.Красовского лишена серьезных недостатков, а высказанные ниже замечания можно рассматривать как пожелания для дальнейших исследований.

1. Во второй главе диссертации обсуждаются интересные примеры биматричных игр на финансовом рынке и координационных игр. Но в теории статических игр имеются другие важные, ставшие классическими, примеры биматричных игр (например, «семейный спор», «дилемма заключенного»). Интересным вопросом является модификация предложенных схем решения для динамической версии этих статических биматричных игр.
2. Существуют статические биматричные игры ( по диссертации - почти антагонистические игры ) с одной точкой статического равновесия по Нэшу, в которых оптимальная по Нэшу стратегия игрока полностью определяется матрицей выигрыша другого игрока. Это отражает такое поведение игрока, при котором он не столько стремится увеличить свой выигрыш, сколько желает держать под контролем выигрыш другого игрока. Проявляется ли такая ситуация в динамических биматричных играх?

3. Имеется ряд опечаток и неточностей : на стр.20 из предположения о свойствах производных функций  $C_i$  и  $B_i$  делается заключение о строгой вогнутости функций полезности  $w_i$ . Однако это свойство вогнутости функций полезности следует из сформулированных ранее на стр.19 предположений о выпуклости функций  $C_i$  и строгой вогнутости функций  $B_i$  ; в формуле в третьем абзаце на стр. 89 ( 12 строка снизу ) не поставлены скобки после функций  $\max$  и  $\min$ .  
Правильное написание формулы

$$-\frac{\partial \psi_A^3}{\partial x} x - \frac{\partial \psi_A^3}{\partial y} y + \max \left\{ 0, \frac{\partial \psi_A^3}{\partial x} \right\} + \min \left\{ 0, \frac{\partial \psi_A^3}{\partial y} \right\} \geq 0$$

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы

### Выводы

Подводя итог, можно сказать, что в диссертационной работе Н.А. Красовского «Декомпозиционные алгоритмы построения равновесных решений в динамических играх» получены новые важные результаты в области математического моделирования в экономике и теории дифференциальных игр.

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, лежащее в русле работ свердловской школы академика Н.Н.Красовского по теории управления и дифференциальным играм. Результаты диссертации в должной степени опубликованы и докладывались на признанных научных конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и содержит новые результаты по трем её компонентам: математическому моделированию, численным методам и комплексам программ.

Диссертация соответствует пунктам паспорта специальности:

1. «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»;
2. «Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей»;

4. «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;

5. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Н.А. Красовского «Декомпозиционные алгоритмы построения равновесных решений в динамических играх» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Н.А. Красовский заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по упомянутой специальности.

Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук по специальности  
05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ,  
профессор,  
заведующий кафедрой теории управления и оптимизации  
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»,  
454001, Россия, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 129.

Ухоботов Виктор Иванович

27 марта 2015 г.

E-mail: [ukh@csu.ru](mailto:ukh@csu.ru)

Подпись В.И. Ухоботова заверяется

