

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и исследовательской деятельности,  
доктор химических наук

А.В. Метелица

« 4 » \_\_\_\_\_ 2024 г.

### Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на диссертационную работу Су Шимая «Теоретико-игровые методы анализа устойчивости в задачах управления загрязнением окружающей среды», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

**Актуальность темы.** В работе Су Шимая изучается вопрос заключения соглашений, направленных на поддержку окружающей среды, между странами или регионами, которые ведут промышленную деятельность и загрязняют общую территорию. В связи с ростом производства в мире проблемы заключения соглашений о снижении выбросов, их устойчивости, и поддержки их во времени остаются актуальными, поскольку имеется множество примеров, например, Парижское соглашение, Киотский протокол, которые не смогли реализоваться по ряду причин. Автор использует аппарат математической теории игр и исследования операций для моделирования указанных проблем.

**Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научная новизна результатов диссертационного исследования сводится к следующим основным положениям:

- получены условия устойчивости по Нэшу и индивидуальной устойчивости сценариев кооперации для статических и динамических игр управления загрязнением окружающей среды;
- разработана схема трансферных платежей для того, чтобы сделать желаемую коалиционную структуру устойчивой путем перераспределения прибылей между странами (регионами) или предприятиями для поддержания кооперации в случае трансферабельных выигрышей;



- предложена схема налогообложения, увеличивающая издержки при отклонении от заданной коалиционной структуры, при которой отклонения игроков становятся невыгодными. В частности, предложена схема единого налога на отклонения, основанная на вычислении наибольшей выгоды от отклонения;

- предложен метод определения множества допустимых коалиций путем введения ограничений на формирование нежелательных коалиций. Формирование множества допустимых коалиций эквивалентно введению ограничений на возможные отклонения игроков;

- для динамической модели управления загрязнением окружающей среды получены условия существования устойчивых коалиционных структур, которые проиллюстрированы на численных примерах. В статической модели игры существование устойчивой структуры может быть теоретически доказано при существовании схемы трансферных платежей и определении множества допустимых коалиций;

- в качестве другого подхода к поддержанию кооперации предлагается механизм компенсаций, основанный на теории контрактов для цепочек поставок, который заключается в том, что один регион передает часть своей прибыли другому в обмен на его участие в затратах по уменьшению загрязнения окружающей среды.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты, представленные в диссертации, имеют теоретическую значимость в области теоретико-игрового моделирования процессов, возникающих при производственной деятельности нескольких стран или предприятий, которые загрязняют общую территорию. Автором получены условия устойчивости кооперативных соглашений, нарушение которых приводит к отклонениям игроков и разрыву ранее достигнутых договоренностей. Также автором были получены условия устойчивости таких соглашений в динамике. Теоретическую ценность представляет предложенный механизм моделирования новых функций полезностей игроков, при которых участники конфликта заинтересованы в реализации равновесия по Нэшу, поскольку выигрыши при этом равновесии будут Парето-оптимальными по сравнению с первоначальными. Все предложенные автором схемы построения кооперативных соглашений, в том числе с частичной кооперацией, могут быть использованы на практике. Результаты диссертации позволяют проверить их реализуемость и устойчивость в динамике.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.** Степень обоснованности результатов диссертационного исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата для формализованных постановок и решения задач моделирования



в области охраны окружающей среды, для определения устойчивых в динамике кооперативных соглашений, в том числе с учетом фактора неопределенности при описании проблемы (см. результаты Главы 4).

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.** Объем работы составляет 129 страниц в версии на русском языке, включает введение, три главы, заключение и список литературы. В первой главе автор предлагает базовую модель взаимодействия стран, имеющих производство и загрязняющих общую территорию, что приносит издержки странам, чувствительным к проблемам охраны окружающей среды. В этой главе представлена статическая игра, предложены различные схемы кооперативного поведения, изучена устойчивость кооперативных соглашений в соответствии с несколькими определениями. Во второй главе представлена динамическая модель, основанная на модели первой главы. В ней также рассматриваются различные сценарии кооперации, проводится анализ кооперативных соглашений на устойчивость, в том числе, в динамике. В третьей главе автор изучает, насколько полная/неполная информация о параметрах модели добычи природных ресурсов влияет на оптимальные решения и выигрыши игроков. Диссертация написана хорошим математическим языком, имеет ясную структуру и понятную логику, все представленные утверждения доказаны в работе. Имеется много иллюстративных примеров.

**К достоинствам диссертации следует отнести:**

- новый подход к исследованию проблемы заключения кооперативных соглашений в области охраны окружающей среды, когда допускается создание коалиций разного размера, а не одной большой коалиции, что принято в современной литературе;

- разнообразный выбор математических моделей, т.е. математического аппарата, используемого при решении поставленных задач, сформулированных в работе;

- актуальность рассматриваемой в работе проблемы, учитывая большой интерес научного сообщества к моделированию процессов формирования коалиций и коалиционных структур в обществе, в том числе при заключении соглашений в области охраны окружающей среды;

- наличие результатов численного моделирования всех представленных моделей. Все примеры сопровождаются графиками и таблицами, которые подробно описаны в работе.

**Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.** Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в научной печати. По теме диссертации



автором опубликовано 6 научных работ, в том числе: в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ – 3, включённых в международные наукометрические базы Scopus или Web of Science – 4. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на международных и Всероссийских конференциях, были доложены на семинарах Института прикладных математических исследований КарНЦ РАН и Кафедры математической теории игр и статистических решений СПбГУ, последняя рекомендовала диссертацию к защите.

### **Замечания по содержанию работы**

1. В первой главе приводятся два определения устойчивости коалиционных структур: по Нэшу и индивидуальная устойчивость. В литературе, посвященной моделированию соглашений в области охраны окружающей среды, используются другие понятия устойчивости: внутренняя и внешняя. Как соотносятся эти определения с теми, что даны в работе? Почему автором были выбраны именно устойчивость по Нэшу и индивидуальная устойчивость для изучения?

2. Во второй главе диссертации вводится понятие динамической устойчивости коалиционной структуры. Есть ли связь с определением динамической устойчивости кооперативных решений, предложенным в работе Л.А. Петросяна 1969 г. и широко используемым в работах его учеников?

3. В тексте имеются опечатки, пунктуационные ошибки.

В целом отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости работы.

**Заключительная оценка.** Диссертация Су Шимая «Теоретико-игровые методы анализа устойчивости в задачах управления загрязнением окружающей среды» посвящена решению актуальной проблемы, содержит новые теоретические результаты, которые могут быть применены на практике при моделировании и управлении в области охраны окружающей среды. Диссертационная работа соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Су Шимай заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Отзыв подготовлен доцентом кафедры прикладной математики и программирования, доктором технических наук (05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах) Ольгой Ивановной Горбанёвой (344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб. +7(863)2975411, эл. почта: oi-gorbaneva@sfedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от 4 апреля 2024 г., протокол № 8. Присутствовало на заседании 7 чел.

Результаты голосования: «за» – 7 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий кафедрой прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», д.ф.-м.н., профессор



Г.А. Угольницкий

344090, г.Ростов-на-Дону, ул. Мишьякова, 8А  
тел. раб.+7(863)297-54-11  
e-mail: gaugolnickiy@sfedu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись Угольницкого Г.А.

ЗАВЕРЕНО:

Главный специалист по управлению персоналом  
М.И. Богданова М.И.  
« 4 » апреля 20 23 г.