

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Захарова Виктора Васильевича на диссертацию Чирковой Юлии Васильевны на тему «Сетевые игры: равновесное и оптимальное поведение», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Сетевые игры разделения совместно используемых сетевых ресурсов являются объектом исследований многих ученых. Это связано с интенсивным развитием телекоммуникационных, транспортных и информационных систем и новых технологий управления такими системами. Этот процесс привел и продолжает приводить к постановке новых актуальных математических оптимизационных задач. Можно констатировать, что исследования в данной области сталкиваются с серьезной проблемой неприменимости методов глобальной оптимизации при наличии несовпадающих интересов участников сетевого взаимодействия.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертационной работы состоят в построении математической теории кооперативных стохастических игр конечной и бесконечной продолжительностей, нахождении условий поддержки устойчивой кооперации в стохастических играх, развитии теории динамических игр, разыгрываемых на деревьях событий. Практическая значимость работы заключается в построении кооперативных решений и проверке их устойчивости в динамике в задачах экологической экономики и передачи информации в телекоммуникационных сетях.

Корректность доказательства сформулированных теорем, лемм и утверждений подтверждают достоверность полученных результатов. Все теоретические результаты продемонстрированы на примерах и использованы в численных экспериментах. Публикации автора в ведущих международных и российских периодических изданиях по тематике исследования также подтверждают достоверность основных результатов представляемых к защите. Все полученные в работе основные результаты, выносимые на защиту, являются новыми.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертационной работы состоят в построении и исследований новых теоретико-игровых математических моделей сетевого взаимодействия в сервисных системах массового обслуживания различных типов доступа, включая модель выбора базовой станции в условиях неопределенности, модели оптимальной маршрутизации трафика в сети и баланса загрузки. Для всех построенных моделей получены теоретические результаты о существовании ситуаций равновесия в соответствующих некооперативных играх. Практическая значимость работы подтверждается возможностью использования полученных теоретических результатов при моделировании систем массового обслуживания, систем связи и мобильных сетей.

Корректность доказательства сформулированных теорем, лемм и утверждений подтверждают достоверность полученных результатов. Все теоретические результаты продемонстрированы на примерах и использованы в численных экспериментах. Публикации автора в ведущих международных и российских периодических изданиях по тематике исследования также подтверждают достоверность основных результатов представляемых к защите.

Все положения, выносимые на защиту, являются новыми и подтверждаются публикациями соискателя.

Так, например, результаты, подтверждающие Положение 1, сформулированы в виде Теорем 1.5, 1.7, 1.9 и 1.11 для постановки задачи с рационально случайной схемой доступа с фиксированным и случайным числом игроков и постановки с чисто случайной схемой доступа, также с фиксированным и случайным числом игроков. Также доказано существование и единственность симметричного равновесного решения. Данные результаты сформулированы в виде Теорем 1.6, 1.8, 1.10 и 1.12.

Положение 2 подтверждено опубликованными Теоремами 2.1 и 2.3, соответственно для игры с фиксированным и случайным числом игроков. Также доказано существование и единственность симметричного равновесного решения, условия которых сформулированы в Теоремах 2.2 и 2.4.

Положение 6 подтверждено тем, что для системы с N узлами найдена верхняя оценка цены анархии и условия, при которых она является точным значением цены анархии (Теорема 7.1). Найдены условия, при которых цена анархии возрастает при добавлении в систему нового узла (Теорема 7.2). Для системы с 3 узлами найдена уточняющая верхняя оценка цены анархии (Теорема 7.4) и условия, при которых она является точным значением цены анархии (Теоремы 7.5 и 7.6). Для системы с 2 узлами найдены условия, при которых добавление третьего узла в систему увеличивает цену анархии (Теорема 7.7). Разработана методика численного решения задачи поиска точного значения цены анархии (Теорема 7.9). Для игры баланса загрузки с введенными экстерналиями доказано существование равновесия в чистых стратегиях для случая двух узлов (Теорема 8.1). Для этого случая получено явное выражение точного значения цены анархии (Теорема 8.4).

Аналогичным образом можно подтвердить обоснованность остальных Положений, вынесенных на защиту.

Замечания по диссертационной работе:

1. В описании системы обслуживания с повторными вызовами вводится обозначение γ для параметра экспоненциального распределения времени "поиска". Введение дополнительного обозначения τ для среднего значения времени "поиска", видимо, является излишним. Параметр τ используется только в выкладках для случая двух игроков. В случае же трех игроков τ используется уже для обозначения одной из переменных интегрирования, обозначающих моменты обращения оппонентов в систему.

2. На втором шаге игры двух операторов найдены равновесные чистые стратегии для первого и второго шагов игры, при этом предполагается, что на первом шаге при выборе компаний реализованы чистые стратегии. Однако, как указано в работе, условия существования равновесия в чистых стратегиях на первом шаге могут не выполняться. Тогда теоретически должно существовать равновесие в смешенных стратегиях. Было бы полезно исследовать этот случай. Результаты о сходимости игр к стационарному состоянию за три повторения для разных постановок модели стоило оформить в виде отдельных соответствующих теорем.

3. В моделях баланса загрузки и покрытия с линейными задержками оценивалась ли сложность алгоритма? Для нахождения цены анархии для трех узлов нужно решить $3!=6$ задач линейного программирования, для четырех $4!=24$, для пяти уже $5!=120$. Получается, что на практике для моделей большой размерности алгоритм малоприменим.

Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости работы. Диссертационная работа Чирковой Юлии Васильевны является завершенным научным исследованием, полученные результаты исследования класса некооперативных сетевых игры разделения совместно используемых сетевых ресурсов, вносят значительный вклад в развитие теории игр и ее приложений, представляет собой важную составляющую направления этой теории – теории сетевых игр. Работа в целом заслуживает высокой оценки.

Диссертация Чирковой Юлии Васильевны на тему: «Сетевые игры: равновесное и оптимальное поведение» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Чиркова Юлия Васильевна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,
профессор, профессор Санкт-Петербургского
государственного университета



Захаров В.В.

31 мая 2023 года