

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Васина Александра Алексеевича на диссертацию Пин Сунь на тему: «Теоретико-игровые модели формирования сетей с асимметричными игроками», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

**Актуальность темы исследования.** Диссертационная работа Пин Сунь посвящена изучению процессов формирования сетей, в которых в качестве узлов сети выступают игроки, принимающие решения. В работе предлагаются актуальные подходы к моделированию процесса формирования сетей, включая кооперативный, когда игроки принимают скоординированные решения с целью достижения максимально выгодного для них результата, и некооперативный подход, когда сеть создается индивидуально рациональными игроками, выбирающими стратегии, исходя из принципа максимизации своей полезности. Все представленные модели представляют несомненный интерес с точки зрения приложений.

**Научная новизна.** Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми и, безусловно, представляют научный интерес. В работе получены условия устойчивости сетей различных конфигураций в случае некооперативного подхода, когда полезности игроков вычисляются по специальному правилу, введенному автором работы. Предложенные автором диссертации модели формирования сетей, представленные в третьей и четвертой главах, содержат новые теоретические результаты о существовании устойчивого частично байесовского равновесия и предлагают метод построения процедуры распределения дележа при согласованном формировании сети с учетом случайных факторов.

**Содержание работы.** Объем диссертации составляет 177 страниц на русском языке и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа содержит большое число рисунков, иллюстрирующих примеры, в которых автор демонстрирует полученные теоретические результаты.

В первой главе предложена модель формирования сети, когда дополнительно задано разбиение игроков на упорядоченные группы. Рассматриваются разные функции полезности, в том числе, функция полезности, зависящая от того, каким группам принадлежат соседи игрока. Получены условия устойчивости сетей различных конфигураций при отсутствии ограничений на разбиение и при некоторых ограничениях на разбиение. В главе приведено большое число примеров, где демонстрируются условия устойчивости тех или иных сетей. Делаются выводы о том, как специальная функция полезности влияет на конфигурации устойчивых сетей.

Во второй главе предлагается игровая модель динамического процесса формирования сети при заданном разбиении игроков на группы. Здесь предполагается, что игроки не обладают точной информацией о том, каким группам принадлежат игроки, с которыми они встречаются во времени. В этой главе предлагается правило обновления информации, отличное от простого, которое позволяет игрокам использовать больше знаний о других игроках, если они были связаны до момента встречи. В этой главе, помимо теоретических результатов, представлены результаты численного моделирования, которые позволяют

сделать выводы о некоторых ключевых характеристиках формируемых сетей, характеризующих их неоднородность.

В третьей главе описывается стохастическая игра формирования сети, где учитывается несколько случайных факторов, влияющих на результат. В этой главе применяется кооперативный подход к решению игры, находится несколько кооперативных решений, указываются условия их динамической устойчивости. Более того, предлагается процедура построения сильно динамически устойчивого  $s$ -ядра.

В четвертой главе автор предлагает модель формирования сети, описанную двухшаговой игрой в присутствии случайных факторов. В работе используется байесовский подход для нахождения равновесия, а именно строится устойчивое частично байесовское равновесие, в результате реализации которого игроками могут быть сформированы несколько сетей с определенными вероятностями.

**Степень достоверности.** Все результаты диссертации изложены с полными и строгими доказательствами. Ссылки на цитируемую литературу корректно расставлены. Результаты работы Пин Сунь доложены на многих международных и российских конференциях, а также на семинаре Кафедры исследования операций Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в 2023 году. Основные результаты диссертации были опубликованы в шести научных изданиях, включая известные в данной области журналы: Математическая теория игр и её приложения, Automation and Remote Control, Dynamic Games and Applications. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Диссертационная работа в большей степени является теоретическим исследованием и при этом обладает большим потенциалом для приложений, особенно, в области социологии, экономики, охраны окружающей среды, там, где возникают сетевые структуры при взаимодействии индивидуумов. Работа имеет существенное значение для развития теоретико-игрового моделирования ситуаций, в которых важна сетевая структура взаимодействия игроков. Теоретическую значимость представляют: новые теоретико-игровые модели формирования сетей, условия устойчивости сетевых структур при заданном упорядоченном разбиении игроков на группы, условия устойчивости сетей в динамике, когда игроки используют близорукое поведение, правило обновления информации об игроках в сети, условия существования устойчивого частично байесовского равновесия, предложенные автором. Также теоретический интерес представляют разработанные процедуры построения кооперативного решения в стохастической игре формирования сети и распределения дележей для обеспечения динамической устойчивости и строгой динамической устойчивости кооперации.

**Замечания и вопросы.** Существенных недостатков в оформлении и представлении результатов нет. Однако, имеются небольшие замечания и вопросы к автору:

1. Во второй главе автор определяет «индекс неоднородности» сети как число связей между игроками, принадлежащими различным группам в разбиении. На мой взгляд, лучше было бы рассматривать относительную величину, т.е. количество таких связей, деленное на общее количество связей в сети или общее число связей в полной сети.

2. Как известно, существует множество подходов к определению характеристической функции для построения кооперативного варианта некооперативной игры. Какой подход использовался при построении характеристической функции, описанной на стр. 119-120? Какой смысл вкладывал автор в значение  $V(S, z)$ ?
3. Наряду с математическими примерами было бы полезно обсудить практические примеры формирования сетей и их связь с исследованными моделями.

Отмеченные замечания не влияют на общее положительное впечатление о работе. Они могут быть учтены автором в дальнейшей работе по данному научному направлению.

**Заключение.** Диссертационная работа может быть квалифицирована как законченное научное исследование в области теоретико-игрового моделирования процессов формирования сетевых структур. Работа содержит новые важные результаты для данной научной области.

Диссертация Пин Сунь на тему: «Теоретико-игровые модели формирования сетей с асимметричными игроками» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Пин Сунь заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры исследования операций факультета  
вычислительной математики и кибернетики,  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

А.А. Васин

10.03.2023



Подпись удостоверяю  
Ведущий специалист по кадрам

Т.Г. Коваленко