

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Губко Михаила Владимировича на диссертацию Парилиной Елены Михайловны на тему: «Решения кооперативных стохастических игр с трансферабельными выигрышами», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

В диссертационной работе развивается кооперативная теория динамических стохастических игр: исследуются различные способы построения характеристической функции, вводятся различные концепции решения, исследуется их соответствие принципам коллективного поведения.

В первой главе исследуются стохастические игры конечной продолжительности на основе модели динамической игры, отличной от классической игры в развернутой форме, и представляющей собой промежуточное звено между играми с полной информацией и общей игрой с неполной информацией. Проверяется позиционная состоятельность наиболее популярных кооперативных концепций решения – вектора Шепли и c -ядра, исследуются условия неотрицательности позиционно состоятельной процедуры распределения дележа.

Во второй главе рассматриваются введенные в 1953 году Л. Шепли стохастические игры бесконечной продолжительности, в последние годы получившие новую жизнь в контексте мультиагентных моделей обучения с подкреплением (multi-agent reinforcement learning) под именем *марковских* игр (как обобщения *марковских* процессов принятия решений, Markov decision processes). Выводятся условия, при которой кооперативные концепции решения удовлетворяют принципам устойчивой кооперации: позиционной состоятельности, стратегической устойчивости, защите от иррационального поведения. На конкретном примере эти условия проверяются для популярных концепций решения – вектора Шепли, c -ядра, n -ядра.

В третьей главе рассматривается более специальная, но часто встречающаяся на практике модель – динамическая игра конечной продолжительности, разыгрываемая на деревьях событий, где стохастический процесс не зависит от действий игроков. Выводится процедура распределения дележа, гарантирующая позиционную состоятельность c -ядра, выводятся условия стратегической устойчивости кооперативного решения на основе понятия абсолютного ϵ -равновесия некооперативной игры. Для игры со случайным временем окончания исследуется позиционная состоятельность вектора Шепли. Теоретические результаты иллюстрируются на эколого-математических игровых моделях управления вредными выбросами. В этой главе особенно глубокое впечатление производит аналитическое решение довольно сложной игры дух лиц с симметричными игроками, разыгрываемой на бинарном дереве событий, как кооперативное, так и некооперативное. Это большая редкость. И, соответственно, аналитическое выражение для цены анархии. Получается прекрасная математическая модель для аналитического исследования финансовых рынков, экологических задач (раздел 3.9). Наличие аналитических выражений позволяет в явном виде исследовать зависимость решения от параметров модели, а от этого один шаг до решения задач управления.

bx 09/2 - 144 om 13.05.19

В четвертой главе рассматриваются несколько прикладных игровых моделей, исследуемых с помощью развитого в диссертации аппарата стохастических игр. В частности, в разделе 4.1 на предмет устойчивости кооперативного поведения исследуются модели передачи данных в беспроводных сетях, в разделе 4.2 предлагается динамическая модель формирования коалиционной структуры, в разделе 4.3 с помощью аппарата байесовских игр исследуется дилемма заключенного с неизвестными дисконтирующими факторами игроков.

Русскоязычный вариант работы занимает 329 страниц, в том числе 24 страницы – список литературы. Это, пожалуй, одна из самых объемных докторских диссертаций по математической кибернетике, что я читал. При этом плотность материала очень высока – нет объемных приложений с таблицами, рисунками, кодом алгоритмов – сплошные теоретические результаты, оформленные в более чем два десятка теорем. Объем проделанной диссертантом работы внушает большое уважение. В результате ей несомненно удалось сделать главное, что требуется от докторской диссертации – очертить контуры новой научной теории, развернутой и стройной кооперативной теории стохастических игр с учетом их динамической природы, и предъявить свои права на эту новую «территорию» в теории игр и математической кибернетике. Диссертация обладает всеми обязательными атрибутами законченной научной работы, имеет четкую структуру, а корректность полученных формальных результатов не вызывает сомнений.

Таким образом, данная работа представляет собой существенный математический вклад в теорию кооперативных игр. Она несет на себе следы методологии классической теории игр, исповедующей дескриптивный подход к описанию конфликтов, поэтому с позиций кибернетики как науки об управлении, диссертации несколько не достает нормативного подхода – решения задач управления кооперацией игроков в условиях динамического их взаимодействия.

Типичная нормативная постановка могла бы состоять, например, в том, чтобы найти динамический принцип распределения дележа, близкий к заданному кооперативному решению игры и удовлетворяющий всем принципам устойчивой кооперации. В работе же принят более аналитический подход: «Давайте возьмем классическое решение и посмотрим насколько оно хорошо или плохо». Также, например, в прикладных моделях раздела 4.1 выводы ограничиваются признанием необходимости координации действий игроков, но содержательные механизмы реализации этой кооперации остаются за кадром.

Приведенные соображения, тем не менее, носят более субъективный характер, и описанные пожелания могли бы быть учтены в будущих исследованиях. Это же относится к приводимым ниже пожеланиям, учет которых, на мой взгляд, улучшил бы презентацию материала и облегчил бы ознакомление с работой.

1. В тексте никак не объясняется, почему для построения характеристической функции в Главе 1 использовался максимин в чистых, а в Главе 2 – минимакс в смешанно-чистых стратегиях, а в третьей главе – равновесие Нэша против одиночных игроков. Имеет смысл более подробно пояснить, как эти подходы соотносятся между собой и с классическими α - и β -подходами, которые формулировались в смешанных коррелированных стратегиях.
2. Недостаточно внимания уделяется описанию взаимосвязи между моделями. Например, модель главы 3 можно рассматривать как частный случай модели

главы 1, ведь динамику состояния можно (довольно экономно в случае конечности числа состояний) свести к динамике на графе.

3. Диссертация, как мне кажется, сильно выиграла бы в системности изложения, если бы удалось хотя бы сформулировать общую модель, частными случаями которой были модели глав 1-3. Это показало бы их взаимосвязь и специфику. От докторской диссертации как раз стоит ожидать общего подхода – очерчивания области, на приоритет в которой претендует диссертант.
4. Также, во введении было бы неплохо обозначить общий для диссертации метод исследования кооперативных моделей, как то:
 - Описание модели некооперативной игры
 - Переход к кооперативной игре (построение характеристической функции)
 - Выбор кооперативного решения
 - Исследование свойств кооперативного решения (существования, единственности и т.п.), в том числе, соблюдения принципов устойчивой кооперации (позиционная состоятельность, стратегическая устойчивость, защита от иррационального поведения).

Такое описание принятого в работе метода появляется только в разделе 2.4. Декларация единого подхода к исследованию задач кооперативного взаимодействия позволила бы отделять важное от второстепенного. Например, непонятно, является ли второстепенным вопрос о неотрицательности дележа в каждой локальной игре, который затрагивается в Главе 1, но которого не касаются в других главах. Непонятно, почему в Главе 1 рассматривается только позиционная состоятельность, но стратегическая устойчивость и защита от иррационального поведения?

5. В работе не хватает обзора концепций решения кооперативных игр, новые концепции решения вводятся по мере надобности.
6. Наконец, единство подхода и материала могло бы быть подчеркнуто единством обозначений, которые довольно сильно отличаются в разных главах.
7. Вообще, не хватает «путеводителя» по диссертации со сводными таблицами, которые показывали бы, какой результат в какой главе доказан, и при решении какой прикладной задачи потом использован. Сейчас же порой не удается избавиться от впечатления, что в каждой главе рассказывается какая-то своя история. Маловато перекрестных ссылок, и читателю остается самому догадываться, как соотносятся между собой рассматриваемые модели.

Такая объемная математическая работа, как рассматриваемая диссертация, неизбежно содержит опечатки, опечатки и неточности, которые не мешают правильному пониманию, однако приводимые ниже замечания стоит учесть в случае если материалы диссертации будут в будущем издаваться в виде монографии.

1. С. 32. В разделе 1.2 первая формула – это не матожидание, поскольку фиксирован путь в графе. Но уже со следующей формулы все верно.

2. Непонятно как соотносятся между собой ХФ исходной и регуляризованной игры. Что содержательно означает регуляризованная функция? Сохраняется ли индивидуальная рациональность выплат?
3. Поскольку используемое в работе определение стохастической игры отличается от постановки игры в развернутой форме, можно было бы кратко обсудить, как соотносятся между собой эти модели.
4. С. 53 Определения 1.13 и 1.14 лучше объединить.
5. С. 69 «...при условии что игра не закончится в вершине z » предлагается заменить на «с учетом вероятности q_k завершения игры на шаге k ».
6. Вводимое на с. 69 понятие «аналог s -ядра» необходимо описать более подробно, сейчас оно может вызвать вопросы.
7. С. 69. Ничего не говорится о существовании правил распределения дележей, удовлетворяющих Теореме 1.6. Говорится лишь, что в общем случае введенное правило распределения позволяет реализовать не все дележи s -ядра.
8. В Таблицах 1.10, 1.11 размеры симплексов целесообразно привести к единой шкале, чтобы они соответствовали кооперативному выигрышу.
9. С. 83. Формула (2.3.6): непонятно введение η в дополнение к \mathbf{a} . Это тоже независимые переменные, относительно которых необходимо разрешить уравнение для нахождения $V(S)$?
10. С. 86. Непустота множества дележей следует из супераддитивности, а не из «способа построения характеристической функции».
11. С. 87. Некоторая избыточность в абзаце «Под решением кооперативной стохастической игры будем понимать дележ. ... содержит единственный дележ.»
12. С. 87. Непонятно, как соотносится регуляризация платежа из Главы 1 с σ -регуляризацией стратегических функций выигрыша в Главе 2.
13. С. 121. Логично сразу предположить, что вероятности переходов $\pi > 0$, иначе такие поддерева можно не рассматривать.
14. С. 125. Непонятна область действия ограничения единственности равновесия Нэша и кооперативного равновесия, постулируемых в Замечании 3.2.
15. С. 125. Мне кажется, обозначения не очень удачные. Непонятно, почему x^* - это функция ситуации. Состояние же определяется и историей действий игроков. По идее, это независимые переменные, что и говорится ниже.
16. С. 133. Мне кажется, лучше не путать читателя переходом к задаче минимизации, если до этого все формулы и определения давались для задачи максимизации. Проще минус перед затратами поставить.
17. С. 136. Непонятно, как при неотрицательных (как сумма квадратов) целевых функциях и неотрицательных характеристических функциях (см. Табл. 3.1) получаются неотрицательные компоненты n -ядер в табл. 3.3. Их появление требует пояснений.

18. С. 137. Использованный термин «развернутой игры с полной информацией» не вполне соответствует классическому определению, поскольку в каждой вершине дерева событий игроки принимают решения одновременно и независимо, то есть не все информационные множества игры в развернутой форме состоят из единственной вершины. Более удачным мог бы быть термин «с общеизвестной историей».
19. С. 139. Непонятно, почему, в противоположность Главе 2, режим наказания предполагает равновесные по Нэшу стратегии, а не максимин.
20. С. 174. Экономическое объяснение меньшего уровня выбросов при кооперативном решении непонятно (что значит, «поглощает издержки»?). На самом деле причина – в отрицательных экстерналиях, которые игроки не учитывают при некооперативном поведении.
21. С. 203. Недостаточно убедительно обосновано теоретико-игровое рассмотрение процессов передачи информации в сетях связи. В то же время, мультиагентные модели являются популярным инструментом в задачах распределенной оптимизации и распределенного управления.
22. Некоторые вопросы вызывают кооперативные ситуации в разделе 4.1, предполагающие, что по некоторым направлениям пакеты не передаются вовсе. Это приводит фактически, к отказу от обслуживания и потере связности сети, что навряд-ли может быть оптимальным с учетом мнения пользователей. Скорее всего, в моделях либо не учтены чьи-то интересы, либо целевые функции должны иметь более сложный вид.
23. С. 244. Видимо, необходимо заменить «неравенство» на «равенство» в определении распределения выигрыша.
24. С. 244. Игры в разбиениях появляются в разделе 4.2 довольно неожиданно, без объяснений их связи с кооперативной теорией игр, и непонятно, почему они появляются именно в прикладной главе.
25. С. 247. Описанная модель является частным случаем игры формирования сети (как и ее вариации, описанные в Замечании 4.5), однако ссылок на соответствующие работы в диссертации нет. В целом, разделы 4.2 и 4.3 выглядят в работе несколько особняком.
26. Довольно много описок, пропущенных слов, несогласованных падежей, особенно в Главах 3 и 4. Например. С. 83 сноска 3. «Значение» → «значения». С. 88 – «игр» → «игры», и многое другое. Много огрехов в расстановке запятых, особенно на с. 99.
27. Английский текст нуждается в языковой коррекции (proofreading).

Еще раз подчеркнем, что сделанные замечания нисколько не влияют на научную новизну и значимость проведенного научного исследования, однако их учет, как представляется, позволит улучшить восприятие работы читателем.

Диссертация Елены Михайловны Парилиной на тему: «Решения кооперативных стохастических игр с трансферабельными выигрышами» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Парилина Елена Михайловна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
Доктор физико-математических наук,
Профессор РАН,
Заместитель директора
Института проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН



Губко Михаил Владимирович



Подпись *Губко М. В.*

ЗАВЕРЯЮ

ЗАВ. ОТДЕЛОМ КАДРОВ

Таш И.А. ГАВРИЛОВА

07.05.2019г