

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ГЛАВНЫХ СТРАТЕГИЙ ВЕДЕНИЯ P2P-БОЁВ В ИГРАХ КЛАССА «ТРИ-В-РЯД» НА ПРИМЕРЕ ФИОЛЕТОВОГО МОНОЦВЕТА И ФИОЛЕТОВО-КРАСНОГО 3/2 В ИГРЕ EMPIRES & PUZZLES

Душкин К.Р.

аналитик,

Душкин Р.В.

директор по науке и технологиям

Агентство Искусственного Интеллекта

#### АННОТАЦИЯ

В статье приводится сравнение эффективности проведения P2P-боёв различными типами команд в компьютерных играх класса «три-в-ряд». Сравнение осуществлено на основе результатов 100 проведённых боёв фиолетовой моноцветной командой и 100 боёв командой с 3 фиолетовыми героями и 2 красными. Герои команд были подобраны таким образом, чтобы их боевые навыки были сравнимы друг с другом. Результаты боёв были проанализированы статистическими методами, в заключении даны рекомендации по использованию того или иного способа формирования команд в зависимости от различных факторов и характеристик команд обороны. Результаты могут быть использованы для решения задачи распределения ресурсов в некоторых специфических условиях. Статья будет интересна как игрокам, так и специалистам по математическому моделированию экономических проблем.

**Ключевые слова:** три в ряд, игра, теория игр, стратегия, сравнение, анализ, моделирование, распределение ресурсов, экономика, экономическое моделирование.

#### Введение

Сегодня компьютерные игры стали неотъемлемой частью жизни людей, и многие посвящают им значительный объём своего свободного времени [Redfield, 2020]. Часто компьютерные игры становятся хобби, особенно если рассматривать игры на персональных гаджетах с возможностью многопользовательской коммуникации, в том числе в игровых режимах. Одним из классов таких игр являются игры «три-в-ряд», в которых основная механика игры завязана на выстраивание комбинаций из трёх или более фишек («каменей») одного цвета на поле. К таким играм, к примеру, относятся следующие: Empires & Puzzles (производство — Small Giant Games), Puzzle Combat (того же производителя), MythWars & Puzzles (KARMA GAME), Zombies & Puzzles (MINIGAME ENTERTAINMENT LIMITED) и десятки других клонов этих популярных игр.

Особенностью этих игр является наличие в них большого количества «героев», каждый из которых принадлежит одной из ограниченного множества стихий, характеризующейся своим «цветом». Стихий обычно 5, при этом между цветами можно построить граф доминирования — каждый цвет доминирует над каким-либо другим цветом. Например, в игре Empires & Puzzles, которая взята за основу в настоящем исследовании, существует 5 цветов — жёлтый, фиолетовый, красный, синий и зелёный — при этом жёлтый доминирует над фиолетовым и наоборот, красный доминирует над зелёным, зелёный над синим, а синий над красным. Отношение доминирования означает то, что доминирующий цвет наносит доминируемому цвету повышенный урон. Кроме того, в этих играх используется режим игры, в котором команды двух игроков сходятся в бою (P2P-бой, от англ. *peer to*

*peer* — взаимный). Обычно такой бой проводится в активно-пассивном режиме — за команду атаки (КА) играет пользователь, за команду обороны (КО) играет система искусственного интеллекта.

Этот принцип наводит на мысль о том, что подобные игры могут стать интересной моделью для рассмотрения различных экономических и социальных аспектов, в которых отношении доминирования можно сопоставить те или иные варианты отношений в проблемной области. Например, подобным образом можно моделировать задачу распределения ресурсов, при этом цветам соответствуют отрасли, героям — конкретные производства, а результатам P2P-боёв соответствуют результаты экономической деятельности в конкурентном окружении.

Интерес представляет то, что моделирование на этом инструменте выглядит крайне дешёвым с вычислительной и экономической точек зрения, так как эксперименты по моделированию можно разворачивать на большом множестве заинтересованных игроков, которые будут собирать большие объёмы статистической информации для дальнейшей обработки.

Кроме того, эти игры представляют значительный интерес для исследователей *per se*, учитывая объёмы их аудитории. Например, для игры Empires & Puzzles количество активных игроков по состоянию на лето 2021 года составляет порядка 1.5 млн человек по всему миру. Другими словами, поскольку компьютерные игры занимают существенную экономическую нишу, они сами могут быть предметом исследовательского интереса.

Так, например, в сообществах игроков не умолкают споры о том, какая стратегия ведения P2P-боёв выгоднее — моноцвет или так называемая

«схема 3/2», то есть 3 героя одного цвета и 2 героя другого цвета в КА. Дело в том, что уровень урона, наносимый камнем героям КО, пропорционально зависит от количества героев соответствующего цвета в КА. Поэтому 5 героев одного цвета способствуют тому, что один камень с поля нанесёт в 5 раз больший урон герою из КО, чем в случае, если в КА имеется всего лишь 1 герой этого цвета. Вместе с тем, при игре моноцветом камни других цветов вообще не наносят урона, а собрать нужные комбинации довольно затруднительно, что часто приводит к проигрышу.

С точки зрения поставленной задачи распределения ресурсов этот вопрос можно переформулировать так — что выгодно для производителя: сосредоточиться на одной отрасли или диверсифицировать производство? Эта работа пытается дать ответ как на первоначальный вопрос, так и на этот вопрос модельной ситуации, поэтому статья будет интересна как игрокам, так и специалистам в области математического моделирования в экономике.

#### Материалы и методы

В описываемом классе игр P2P-бой ведутся на поле, состоящем из камней пяти цветов — по одному для каждого цвета стихии героев. Размер поля — 7 x 5. Игра ведётся при помощи сбора комбинаций из камней на поле так, чтобы в ряд по горизонтали или вертикали встали три или более камней одного цвета. Комбинация из камней вылетает в противника, после чего все камни на поле сдвигаются снизу вверх, а на освободившиеся места из-за нижней границы поля подъезжают новые камни. Цвет камней распределяется случайным образом. В результате такого движения могут образоваться новые комбинации, которые также вылетают в противника, и процесс повторяется до тех пор, пока на поле не будет комбинаций. Описанное — один ход раунда P2P-боя.

Бой считается выигранным, если все герои КО повержены. Каждый камень, вылетевший с поля, наносит героям КО определённый уровень урона, который зависит от цвета камня, цвета героя и многочисленных других факторов — но основной вклад в уровень урона делают комбинации цветов камня и героя в зависимости от того, какой цвет доминирует, а какой является доминирующим. Герои КА заряжают шкалу маны, если камень их цвета вылетает с поля. Скорость зарядки для каждого героя своя и зависит от многих факторов. После заряда герои могут осуществить разрядку своего особого умения. Умения могут быть самыми разнообразными — как прямой урон героям противника, так и повышение характеристик своих

героев, снижение характеристик вражеских героев, лечение, травление и т. д. Если герои КА зарядились, то в подавляющем большинстве случаев это гарантия победы в бою.

Бой считается проигранным, если все герои КА мертвы. Герои КО заполняют шкалу маны тогда, когда в них попадают камни, причём любого цвета. Также каждые 2 хода герои КО наносят несильные удары, снимающие примерно 10 % здоровья героев КА. Если герои КО зарядились, то они разряжают свои особые умения в героев КА случайным образом, но при этом у каждого героя КО также используется специфическое особое умение — нанесение урона, срез брони, травление и т. д. Если герои КО начали наносить удары особыми умениями, то это повышает риски на проигрыш. Игрок может выдержать несколько атак героев КО особыми умениями, если грамотно управляет своими героями. Но атаки героев КО также зависят от разнообразных случайностей, и здесь большой вклад делает компонент удачи в модели «Skill & Luck» [Steen, 2002].

Наконец, осталось отметить, то герои КО могут стоять в одном из четырёх видов боевой формации, которые можно обозначить знаками «\|», «^», «\|/» и «^/». Вылетающие с поля камни попадают только по героям КО, стоящим впереди формации, но при этом даже те герои КО, по которым не попадает камней, каждый ход чуть-чуть заполняют свою шкалу маны. При этом рассматриваемые в настоящей работе стратегии P2P-боёв — моноцвет и схема 3/2 — влияют на уровень урона, наносимый одним камнем с поля. Урон профильного камня при бое моноцветом, когда в КА стоят пять героев одного цвета, в пять раз выше урона, когда в КА стоит только один герой этого цвета, но при этом камни остальных цветов урона не наносят. При бое схемой 3/2 в КА стоят три героя одного цвета и два героя другого цвета, но урон с камней этих цветов снижается пропорционально.

#### Дизайн эксперимента

Для проведения исследования необходимо составить две КА, сравнимые как по силе, так и по умениям и скорости заполнения шкалы маны у всех участвующих героев. Это представляет существенную проблему, так как в рассматриваемой игре крайне мало героев, которые являются точными аналогами друг друга, но при этом имеют разную стихию. Вместе с тем, собрать такие КА можно.

В следующей таблице приводятся герои двух сборок КА под тактические схемы «моноцвет» и «3/2» со сравнимыми героями.

Таблица 1.

## Сборки КА для двух тактических схем

Параметр	Моноцвет	3/2
Общая сила КА	4399	4374
Скорость полного заряда КА	9 фиолетовых камней	8 фиолетовых камней 9 красных камней
Герой 1	<b>Ригард (костюм)</b> (фиолетовый) Уровень: 4/70, Эмблемы: 20, Отряд: М1 Умение: Все союзники восстанавливают 609 очков здоровья в течение 3 ходов. Все герои получают +48 % атаки на 3 хода. Убирает недуги у всех союзников.	<b>Дерзкий Клык</b> (красный) Уровень: 4/70, Эмблемы: 20, Отряд: М23 Умение: Восстанавливает 27 % здоровья всех героев. Все герои получают +48 % атаки на 4 хода.
Герой 2	<b>Тибуртус (костюм)</b> (фиолетовый) Уровень: 4/70, Эмблемы: 20, Отряд: М20 Умение: Наносит 175 % урона всем врагам. Все враги получают -34 % защиты на 4 хода	<b>Уилбер</b> (красный) Уровень: 4/70, Эмблемы: 20, Отряд: М9 Умение: Все союзники делят полученный урон между собой на протяжении 4 ходов. Все враги делят полученный урон между собой на протяжении 4 ходов. Все герои получают +63 % защиты на 4 хода. Все враги получают -44 % защиты на 4 хода.
Герой 3	<b>Кларисса</b> (фиолетовый) Уровень: 4/80, Эмблемы: 20, Отряд: М1 Умение: Наносит 135 % урона цели и всем ближайшим врагам. Цель и все ближайшие враги получают 224 ед. урона от яда в течение 2 ходов. Наносит дополнительный урон Святыне. Связь стихии даёт всем героям Тьмы +30 % обороны против особых навыков на 4 хода. Нельзя заблокировать.	
Герой 4	<b>Сешат</b> (фиолетовый) Уровень: 4/80, Эмблемы: 20, Отряд: М4 Умение: Наносит 400 % урона цели. Призывает Репликатора с 18 % здоровья и 15 % атаки, получаемой от героя. Прислужник клонирует себя каждые 3 хода. Убирает усиления у цели и ближайших врагов. Связь стихии даёт +4 % к регенерации маны для всех героев Тьмы на 4 хода. Нельзя заблокировать.	
Герой 5	<b>Лепиота</b> (фиолетовый) Уровень: 4/80, Эмблемы: 11, Отряд: М5 Умение: Снимает все эффекты статуса и складываемые эффекты с цели. Снимает даже те эффекты, которые нельзя снять или очистить. Наносит 158 % урона цели. Цель превращается в призрака бездны. В этой форме цель получает 88 урона каждый ход. В этой форме цель не может набрать ману и использовать особые навыки для излечения, но получает иммунитет к обычным атакам, атакам с помощью особых навыков, недугам и складываемым эффектам. Цель остаётся в этой форме в течение 4 ходов. Последнего оставшегося в битве врага нельзя превратить в призрака.	

Как видно из представленной таблицы проблема взаимозаменяемости героев касается только первых двух героев, так как для проведения эксперимента были выбраны фиолетовая моноцветная команда и фиолетово-красная команда 3/2, поэтому три героя в этих командах одинаковые. По два других героя команд, в целом, достаточно сравнимы между собой:

1. Фиолетовый герой Ригард в костюме восстанавливает здоровье за 3 хода на 609 очков здоровья и повышает атаку на 48 %, в то время как красный герой Дерзкий Клык единоразово восстанавливает 27 % здоровья и повышает атаку всех союзников на те же 48 %. Это сравнимые способности. Ещё одно небольшое различие в этих

героях заключается в разной скорости заполнения шкалы маны — она различается на 1 камень.

2. Фиолетовый герой Тибуртус наносит всем врагам КО немного урона, а потом снижает им броню на 34 %. С другой стороны красный герой Уилбер распределяет урон между врагами и срезает им броню на 44 %. При этом своих герои тоже распределяют урон (это повышает выживаемость каждого отдельного героя в КА), а броня повышается на 63 %. Эти два героя сравнимы только в действии на броню противника.

3. Существенной проблемой для КА по схеме 3/2 является то, что фиолетовые герои Сешат и Лепиота своими особыми навыками перебивают один эффект особого навыка красного героя Уилбера — разделение урона между противниками, так что это может иметь несколько негативные последствия для этого набора героев.

4. Наконец, выбранные КА имеют немного различную общую силу команды — 4399 для фиолетового моноцвета и 4374 для схемы 3/2, что может потребовать перенормировки результатов.

Для каждой из КА необходимо было осуществить 100 атак на КО других игроков. Это должен делать игрок, который умеет играть как моноцветом, так и по схеме «3/2». Атаки могли производиться при помощи следующих механик игры — набег, внутриальянсный спарринг-бой, а если применимо, то война и турнир. Результаты каждой атаки записывались в таблицу, в которой также фиксировались дополнительные параметры — состав и общая сила КО, количество камней на поле фиолетового (для первой и второй КА) и красного (только для второй КА) цвета, количество ходов до полного набора шкалы маны у всех героев КА.

Протокол и результаты его анализа представлены в таблице, располагающейся по ссылке: <https://clck.ru/WCqkv>.

Методы анализа результатов

Статистический анализ результатов проводился в программном средстве Google Spreadsheet последней версии, актуальной на июль 2021 г. Оценка достоверности результатов осуществлялась методом хи-квадрат. Расчёт 99 % доверительного интервала для средних значений производился по стандартной формуле для известного среднеквадратичного отклонения.

Результаты

В период с 10 по 17 июля 2021 года было реализовано по 100 P2P-боев для каждой схемы КА. Для фиолетового моноцвета количество побед составило 76, для схемы 3/2 количество побед — 66.

Для фиолетового моноцвета средняя общая сила КО составила 4675 очков, а для схемы 3/2 — 4669, что немногим меньше, однако 99 % доверительные интервалы для обеих КА входят в интервал [4621, 4729], что полностью покрывает оба средних значения, поэтому перенормировку по общей силе КА производить необязательно.

Игровое поле представляет собой прямоугольник 7 x 5 клеток, в каждой из которой может быть камень одного из пяти цветов. Это значит, что теоретическое значение математического ожидания для количества камней заданного цвета на поле в любой момент времени равно 7. Для фиолетового моноцвета экспериментальное математическое ожидание для камней фиолетового цвета составило 7.04; а для для схемы 3/2 для фиолетовых камней — 7.26, для красных камней — 7.12. При этом 99 % доверительные интервалы для всех этих эмпирических значений входят в интервал [6.51, 7.70], поэтому можно считать, что экспериментальные значения математических ожиданий вполне согласуются с теоретическим, и можно считать, что эксперимент полностью подтвердил теоретические расчёты.

Уровень достоверности для расчётов всех экспериментальных значений математического ожидания оцениваемых величин высокий,  $p < 0.05$ .

Для фиолетового моноцвета необходимо было собрать 9 фиолетовых камней, чтобы зарядились все герои, а для схемы 3/2 необходимо было собрать 8 фиолетовых и 9 красных камней. Сбор камней для полной зарядки первой команды происходил в среднем за 4.57 хода, а для команды 3/2 — за 5.31 хода, что вполне объяснимо, так как во втором случае необходимо собрать больше комбинаций, чтобы зарядить всех героев. Разница на 0.74 хода объясняется тем, что зарядка шкалы маны осуществляется не только единичными ходами, а комбинациями, поэтому для схемы 3/2 в целом не требуется в 2 раза больше ходов, но с очевидностью ходов требуется в среднем больше, чем для моноцвета.

Интерес представляет количество урона, который был нанесён камнями героям КО в процессе набора полной шкалы маны. Подсчитать напрямую это значение довольно затруднительно и требует огромного количества трудозатрат для скрупулёзного разбора видео P2P-боев. Тем не менее, для косвенной оценки можно использовать произведение среднего урона одного камня на количество камней для полной зарядки. Это очень грубая оценка, но вместе с тем она также даёт понимание причин итогового результата.

Для фиолетового моноцвета средний урон одного камня составляет 313.72, а для схемы 3/2 урон фиолетового камня равен 175.55, урон красного камня равен 81.47. Итоговые значения оценки совокупного урона от камней до полной зарядки составляют: для моноцвета — 2823.50, для схемы 3/2 — 2139.44, что примерно на 25 % меньше, чем для моноцвета.

Интерес также вызывает то, что для разных вариантов схем расстановки КО получены разные данные по соотношению побед и поражений для двух различных КА. Действительно, для классической схемы расстановки «\» больше побед дала схема КА 3/2. Результаты приведены в следующей таблице.

Таблица 1.

Результаты P2P-боев для разных схем КО				
	V	∧	W	∩
Моноцвет	78.95 %	<b>68.75 %</b>	<b>83.87 %</b>	<b>100.00 %</b>
Схема 3/2	<b>81.25 %</b>	60.00 %	64.71 %	80.00 %

Табл. 1 может рассматриваться как игра в нормальной форме [Кремлев, 2016] в терминах теории игр. Это значит, что нападающий игрок может выбирать стратегию, для которой процент выигрыша доминирует. Интересным результатом является то, что схема 3/2 доминирует над моноцветом для классической расстановки героев КО. Это вполне соответствует ощущениям игроков, которые утверждают, что классическая расстановка является самой простой для ведения P2P-боя, а также что схема 3/2 является доминирующей над моноцветом в игровой механике «Война», в которой используется только классическая расстановка «\».

#### Обсуждение

На первый взгляд полученные результаты кажутся вполне однозначными — фиолетовый моноцвет показал на 10 % больше побед, чем схема 3/2, что на выборке объемом в 200 боёв имеет высокую довольно статистическую достоверность. Полученные данные для таких параметров, как скорость набора полной шкалы маны и уровень урона от камней, также делают существенный вклад в преимущество моноцветной команды.

Вместе с тем в сообществе игроков имеется укоренившееся мнение о том, что в P2P-боях необходимо участвовать только по схеме 3/2. Это мнение основано, скорее всего, на интуитивных выводах полутора миллионов игроков, составляющих сообщество игры Empires & Puzzles. Вместе с тем, строгого обоснования этой точке зрения нет.

Скорее всего, это мнение основано на том, что самым важным типом P2P-боев являются бои на межальянских войнах. В этой механике игры используется только классическая схема расстановки героев КО «\», что в целом согласуется с полученными результатами для различных типов расстановки.

Тем не менее, полученные результаты показывают обоснованность игры моноцветными

КА в P2P-боях в большинстве случаев, так как и количество необходимых ходов для заполнения шкалы маны меньше, и урон с камней для героев КО выше. При этом надо отметить, что использование схемы 3/2 требует от игрока тщательно подбирать героев в КА для противопоставления их особым навыкам героям КО, а также для взаимного усиления героев КА. Это более экспертный уровень игры, требующий от игрока обширных знаний того, как разные герои работают в связке друг с другом.

#### Заключение

Несмотря на довольно высокий уровень статистической достоверности, представленные результаты должны быть верифицированы новыми экспериментами, которые учитывают, в том числе, больший объём параметров, снимаемых с проводимых P2P-боев. Кроме того, желательно провести мультицентровые исследования с привлечением нескольких игроков, имеющих различные навыки игры разными схемами, а количество анализируемых боёв увеличить, как минимум, на порядок.

Авторы благодарят коллектив семейства альянсов «Логово лесного тролля» игры Empires & Puzzles за всестороннюю поддержку в проведении исследований и сбора исходных данных.

#### Литература

- 1.Redfield C. L. Computer Games Making a Difference // In proc. Conference on Global Transformation, May 2020. — DOI: 10.13140/RG.2.2.19489.56167.
- 2.Steen E. V. Skill or Luck? Biases of Rational Agents // In: RePEc, SSRN Electronic Journal, October 2002. — DOI: 10.2139/ssrn.319972.
- 3.Кремлев А. Г. Основные понятия теории игр: учебное пособие / А. Г. Кремлев. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 144 с.