

© 2024 г. И.Д. ЛАРЮШИН, канд. физ.-мат. наук (ilaryushin@mail.ru)  
(Институт прикладной физики РАН им. А.В. Гапонова-Грехова,  
Нижний Новгород),  
Я.А. КОЛТОЧЕНКО, (i-kolt@yandex.ru)  
(Московский физико-технический институт (НИУ))

## РАСШИРЕННАЯ МОДЕЛЬ ЛАНЧЕСТЕРА–ОСИПОВА ДЛЯ УЧЕТА БОЕВЫХ ЕДИНИЦ С ОДНОКРАТНЫМ ДЕЙСТВИЕМ В СТРАТЕГИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГРАХ

Построена модель, описывающая противостояние двух армий, каждая из которых одновременно содержит боевые единицы двух типов: с непрерывным и дискретным огнем. Исследована структура оптимальной композиции армии, составленной как ответ на известную композицию армии противника. Для проверки теории проведены симуляции сражений в простой стратегической игре – автобаттлере.

*Ключевые слова:* исследование операций, стратегические игры, модели Ланчестера–Осипова.

**DOI:** 10.31857/S0005231024100103, **EDN:** YUMVSN

### 1. Введение

Модели Ланчестера – Осипова, предназначенные для описания динамики военных противостояний, возникли более века назад [1, 2]. В изначально предложенном варианте они опираются на системы дифференциальных уравнений, описывающих истощение ресурсов противоборствующих сторон. Конкретный вид уравнений определяется из условий, в которых происходит сражение.

В некоторых случаях оказывается, что рассматриваемую систему удобнее описывать дискретными моделями, например это характерно для морских сражений [3–5].

В данной работе рассмотрен синтетический дискретно-непрерывный случай, типичный для современных стратегических компьютерных игр (Real-Time Strategy/RTS) [6–8], в которых перед игроками часто возникает необходимость составлять армии, содержащие одновременно боевые единицы с квазинепрерывным огнем (такие как пехота, боевые машины пехоты, танки и т.д., потенциально способные осуществить множество выстрелов в течение одного сражения) и с однократным (например дроны-камикадзе, сюда же можно отнести и многие виды артиллерии, действие которых в течение сражения существенно ограничено или вообще однократно). Создание искусственного интеллекта для игр такого рода является одной из наиболее актуальных и сложных задач машинного обучения на сегодняшний день [8, 9].

В постановке конкретной задачи, а также в экспериментальной части будем отталкиваться от механики автобаттлеров [10, 11] – разновидности клеточных стратегических игр, в которых сражения происходят автоматически и игровой процесс акцентирован на составлении оптимального набора боевых единиц и их пространственного расположения. Тем не менее аналогичные подходы в перспективе могут быть применены и для анализа сражений в других произвольных поджанрах стратегических игр.

## 2. Модель

В современных стратегических играх каждая боевая единица (юнит), как правило имеет следующие базовые характеристики:

- Запас здоровья. Успешные вражеские атаки уменьшают запас здоровья цели, и, когда запас полностью истощается, боевая единица погибает.

- Урон в секунду (УВС) – средний урон, отнимаемый у цели за одну успешную атаку, разделенный на время между двумя последовательными атаками.

- Радиус атаки – максимальное расстояние до цели, при котором боевая единица может атаковать.

- Специальные способности, например однократное нанесение существенного урона одиночному врагу или группе врагов внутри определенной области. Применение способности либо требует затрат специальных ресурсов (энергии данного юнита), либо имеет долгую задержку (cooldown/охлаждение) перед повторным применением.

Для описания сражений армий, состоящих из боевых единиц без специальных способностей, будем использовать недавно предложенную модель [6], которая опирается на динамику истощения суммарного здоровья двух армий вместо истощения их численностей. Данный подход позволяет, например, объяснить, за счет чего при управлении одинаковыми, даже гомогенными, армиями, более опытный игрок будет статистически одерживать победу над новичком. Для неоднородных армий данная модель, как подтверждено в эксперименте, демонстрирует существенное улучшение точности предсказания исхода битв, проходящих в режиме автоматического управления, по сравнению с классическими моделями Ланчестера–Осипова.

В данной же работе рассматривается расширение этой модели, необходимое при включении в состав армии боевых единиц с наиболее простой спецспособностью, имеющей однократное действие. В следующем разделе обозначены характеристики конкретных типов боевых единиц, рассматриваемых в данной статье.

### 2.1. Характеристики типов боевых единиц

Будем рассматривать минималистичный вариант автобаттлера, в котором есть только три типа боевых единиц: **мечники**, **лучники** и **маги**, стоимость производства каждой боевой единицы полагаем одинаковой (сами обозначения введены для удобства и по желанию могли бы быть заменены, например,

на *танки, вертолеты, подводные лодки*). В типичных автобаттлерах имеется множество различных подтипов боевых единиц в каждой из этих категорий, однако в данной работе будем стремиться не решить задачу в самом общем виде, а исследовать базовые свойства таких систем. Далее описаны характеристики каждого из типов боевых единиц:

– **Мечник** имеет 1 здоровья и УВС, т.е. здоровье и УВС нормированы на характеристики мечника.

– **Лучник** имеет  $h < 1$  здоровья и  $d > h^{-1}$  урона, таким образом в противостоянии 1 на 1 лучник уничтожает мечника. При этом в сложносоставленной армии мечники выступают “живым щитом” для лучников [6], т.е. условием для возможности нанесения урона по лучникам армии А является уничтожение всех мечников в армии А.

– **Маг** имеет возможность нанести  $b$  урона врагу перед началом сражения, при этом  $h < b < 1$ , т.е. маг 1 на 1 уничтожит лучника, но не мечника. Более никаких функций, помимо стартового нанесения урона, маг не выполняет, и против одного мечника один маг терпит поражение. Считаем, что маги могут перед сражением наносить урон по вражеским лучникам, а если лучников не осталось, то урон наносится по мечникам.

Таким образом, эти три боевые единицы выстраиваются в конфигурацию “камень–ножницы–бумага”. Этот случай интересен потому, что здесь достигается игровая сбалансированность, т.е. невозможность отдать заведомое предпочтение какому-либо из представленных типов юнитов при составлении армии.

В данной работе будем стремиться получить оптимальный ответ на заданную вражескую армию, т.е. оптимальную композицию юнитов с фиксированной суммарной стоимостью при известной композиции юнитов противника. Критерий оптимальности – максимизация ланчестерской силы армии, выживающей на исходе сражения. В следующем подразделе обсуждается ланчестерская сила армии, не содержащей магов.

## 2.2. Базовая модель

При отсутствии магов имеем стандартную систему, для описания которой подходит базовая модель [6]. Пусть есть  $s \geq 0$  мечников и  $a \geq 0$  лучников,  $s + a = 1$ . Сила их композиции определяется выражением

$$(1) \quad S = \int_0^{ah+s} dy \int_0^y \rho(x) dx,$$

здесь  $\rho$  – распределение плотности УВС, характеризующее убывание полного УВС армии при получении урона,  $ah + s$  – полное здоровье армии в начале битвы. В данной работе используем простейшую аппроксимацию, имеющую вид

$$(2) \quad \rho(x) = d/h + (1 - d/h)\theta(x - ah),$$

где  $\theta$  – функция Хевисайда. Подставляя (2) в (1), получаем выражение для силы композиции:

$$(3) \quad S = a^2 dh/2 + a(1-a)d + (1-a)^2/2.$$

Оптимальная композиция в этом случае не зависит от состава вражеской армии. Из  $dS/da = 0$  получаем

$$(4) \quad a^* = \frac{d-1}{d(2-h)-1}.$$

При  $dh > 1$  получаем  $a^* > 0,5$ , т.е. лучников нужно всегда больше, чем мечников (равенство достигается на кривой  $dh = 1$ ).

Максимальная сила при этом равна

$$(5) \quad S^* = \frac{d(d-h)}{2d(2-h)-2}.$$

Обсудим некоторые свойства выражения (5). При  $h = 1$  оптимальная армия согласно (4) состоит из одних лучников и имеет силу  $S^* = d/2$ . При  $h \ll 1$  максимальная сила  $S^* \approx d^2/(4d-2) \approx d/4$  (при этом по нашим условиям  $d > h^{-1} \gg 1$ ). При  $h = d^{-1} + \delta_h$ , где  $\delta_h \ll 1$ , получаем  $S^* \approx (d+1)/4 + d\delta_h/8$ .

Отметим также, что если имеется  $G$  золота, то оптимальная пропорция юнитов сохраняется, а сила армии по нему скейлится квадратично,  $S_G^* = G^2 S^*$ . Разобрав задачу балансирования армии при отсутствии магов, перейдем к общему случаю в следующем подразделе.

### 2.3. Общий случай

Рассмотрим эффект вражеских магов на армии. Обозначим количества мечников, лучников и магов в нашей армии через  $s_1, a_1, m_1$ , а во вражеской армии через  $s_{-1}, a_{-1}, m_{-1}$ . Разность сил (гамильтониан системы) можно записать следующим образом:

$$(6) \quad H = S_1 - S_{-1} = \int_{\xi_1}^{a_1 h + s_1} dy \int_{\xi_1}^y \rho_1(x) dx - \int_{\xi_{-1}}^{a_{-1} h + s_{-1}} dy \int_{\xi_{-1}}^y \rho_{-1}(x) dx,$$

где  $\xi_i = \min(m_{-i}b, a_i h + s_i)$  – количество здоровья, отнимаемое у армии вражескими магами в начале битвы.

Сначала рассмотрим случай  $m_1 = 0, a_1 + s_1 = 1, m_{-1} \neq 0$ , т.е. когда нужно составить оптимальную композицию только из мечников и лучников при учете наличия вражеских магов. Легко увидеть, что в этом случае имеются две принципиальные стратегии: либо вообще не производить лучников, и в этом случае весь урон магов придется по мечникам, но и в сражении будут участвовать только мечники, либо производить лучников больше, чем сожгут вражеские маги.

При выборе производить только мечников итоговая сила армии имеет вид

$$(7) \quad S_{1s}^* = (1 - m_{-1}b)^2/2.$$

Здесь  $m_{-1}b$  имеет смысл количества золота, сжигаемого вражескими магами.

При выборе производить лучников вражеские маги нанесут большой денежный ущерб  $m_{-1}b/h$ , но в этом случае оставшиеся деньги можно потратить на составление оптимальной композиции с долей лучников (4) и силой

$$(8) \quad S_{1a}^* = S^*(1 - m_{-1}b/h)^2\theta(1 - m_{-1}b/h).$$

Оптимальная сила равна максимальной из этих двух:

$$(9) \quad S_1^* = \max(S_{1s}^*, S_{1a}^*).$$

При  $m_{-1} = 0$ , очевидно, следует производить лучников, а при  $m_{-1}b \geq h$  урон вражеских магов больше, чем здоровье лучников, произведенных на все деньги, поэтому производить их нет смысла. Эффективность стратегий сравнивается в точке

$$(10) \quad m_{-1}^* = \frac{h(\sqrt{2S^*} - 1)}{b(\sqrt{2S^*} - h)}.$$

Таким образом, минимальное количество магов врага, при котором становится выгоден отказ от производства лучников, обратно пропорционально урону магов, и сложным образом зависит от параметров лучников  $d, h$ , входящих в (5). Также отметим, что  $2S^* > 1 > b > h > 0$ , откуда следует  $1 > m_{-1}^* > 0$ .

Перейдем к случаю, когда  $m_1 \neq 0$ ,  $a_1 + s_1 + m_1 = 1$ . Обе стратегии – производство лучников и отказ от них – теперь нужно сбалансировать с производством собственных магов. При этом производимые маги влияют как на силу собственной армии (уменьшая количество денег, которое на нее можно потратить), так и на силу вражеской через нанесение по ней урона. Разность сил при этом можно для обоих случаев записать в виде

$$(11) \quad S_1 - S_{-1} = (G - m_1)^2 S_1^+ - (a_{-1} - m_1 b/h)^2 dh/2 - \\ - (a_{-1} - m_1 b/h) s_{-1} d - s_{-1}^2,$$

где  $G$  – количество денег, оставшееся после атаки вражеских магов (зависящее от выбранной стратегии),  $S_1^+ = 0,5$  при отказе от производства лучников,  $S_1^+ = S^*$  при выборе производства лучников. Выражение (11) корректно в области  $0 < m_1 < a_{-1}h/b$ . Из  $\partial H/\partial m_1 = 0$  получаем

$$(12) \quad m_1^+ = \frac{2GS_1^+h - db(a_{-1}h + s_{-1})}{2S_1^+h - db^2}.$$

Итоговое выражение для оптимального количества магов имеет вид

$$(13) \quad m_1^* = \min(m_1^+, a_{-1}h/b).$$

Для нахождения конечного ответа нужно подставить значения  $G$  и  $S_1^+$  для обеих стратегий в (12) и далее в (11), сравнить их и выбрать лучшую стратегию. Качественно ситуация аналогична разобранной ранее при отсутствии возможности производить магов, т.е. при малом количестве магов врага нужно производить лучников, при большом – отказываться, однако в общем случае выражение для точки переключения между стратегиями, аналогичное (10), получается довольно громоздким и здесь не будем его приводить. В следующем разделе содержатся результаты численных расчетов гамильтониана (6) при различных параметрах, а также экспериментов в игровом симуляторе.

### 3. Симуляции и обсуждение

На рис. 1,а изображена зависимость гамильтониана (6) от пропорции юнитов в армии 1 при фиксированном составе армии 2, состоящей из одинакового количества всех типов боевых единиц. В этом случае при данных параметрах (указаны в подписи к рисунку) доминирует стратегия отказа от производства лучников, а оптимальная доля магов составляет  $m_1 = a_2 h / b = 2/9$ . Также на рисунке видна наименее выгодная стратегия – производство лучников с суммарным здоровьем, равным урону вражеских магов, и отказ от производства собственных магов.

На рис. 1,б показана зависимость количества выживших в армии 1 при составлении оптимального ответа от состава вражеской армии 2. Как видно из рисунка, в этом случае для игрока, не имеющего информационного преимущества и возможности составить оптимальный ответ, есть возможность

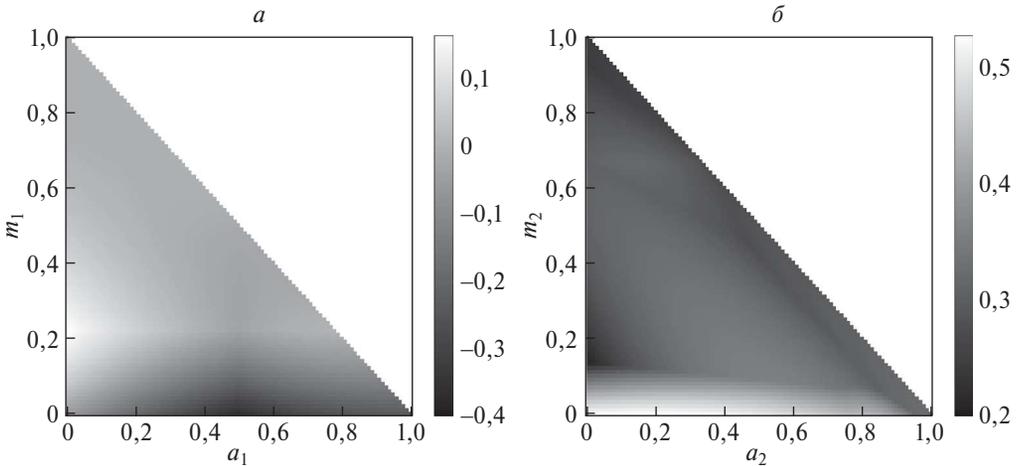


Рис. 1. а – Зависимость гамильтониана (6) от  $m_1$ ,  $a_1$  при  $m_2 = s_2 = a_2 = 1/3$  и  $s_1 = 1 - m_1 - a_1$ . Параметры боевых единиц  $d = 3$ ,  $h = 0,5$ ,  $b = 0,75$ . б – Зависимость выгоды информационного преимущества (отношения стоимости выжившей армии при оптимальном ответе к изначальной полной стоимости армии) от параметров армии противника  $m_2$ ,  $a_2$  при  $s_2 = 1 - a_2 - m_2$ .

минимизировать ущерб от информационного преимущества соперника, выбрав соответствующую стратегию, которая, по крайней мере, максимизирует количество нанесенного противнику ущерба. А в случае, если игрок с информационным преимуществом имеет при этом экономическое отставание, эта стратегия позволит минимизировать собственные потери экономически более сильного игрока.

В качестве дальнейшего развития этой тематики можно назвать оптимальную дезинформацию – сообщение противнику определенной информации с целью произведения им оптимального ответа, имеющего наиболее выгодный вид для дезинформирующей стороны. Напомним, что при отсутствии боевых единиц с однократным действием таких проблем (или с другой стороны – возможностей) вообще не было, так как оптимальная композиция (4) не зависела от состава вражеской армии и побеждал игрок, у которого больше денег. В данной же задаче информационный фактор становится мультипликатором, эффективно увеличивающим боевой потенциал на десятки процентов, см. на рис. 1,б разброс в диапазоне 20–50%. Таким образом, при сопоставимых экономических и технологических возможностях игроков информационный фактор становится критически значимым.

### *3.1. Симуляции в автобаттлере*

Непрерывные модели Ланчестера–Осипова по своей природе предназначены для описания крупномасштабных сражений. В данной работе проведены эксперименты для проверки применимости предлагаемой модели к описанию динамики сражений маленьких отрядов.

Для численного моделирования был создан минималистичный автобаттлер – среда, в которой сражение происходит на клеточном поле и каждая боевая единица (юнит) занимает ровно одну клетку. Сражение происходит следующим образом: для каждого юнита происходит поиск цели из вражеских юнитов в пределах дальности атаки. Из них выбирается тот, скорейшее уничтожение которого сильнее всего ослабит армию противника, т.е. с наибольшим отношением УВС к текущему здоровью. Как и в большинстве автобаттлеров, если у юнита уже есть цель, то он не меняет ее до уничтожения. После выбора целей происходит акт перестрелки, когда юниты наносят урон своим целям, и юниты, у которых закончилось здоровье, исчезают. После этого юниты, не атаковавшие в этом ходу из-за неимения целей внутри радиуса поражения, делают шаг в направлении центра армии противника.

Симуляция производилась на поле размером  $20 \times 10$ . Начальная расстановка боевых единиц в каждой реализации производилась случайным образом со следующими условиями: лучники синей команды могут появиться в первых трех столбцах, затем мечники синей команды появляются в следующих четырех столбцах, после этого идет нейтральная территория шириной 6 и ситуация зеркально повторяется. Пример начальной расстановки армий приведен на рис. 2.

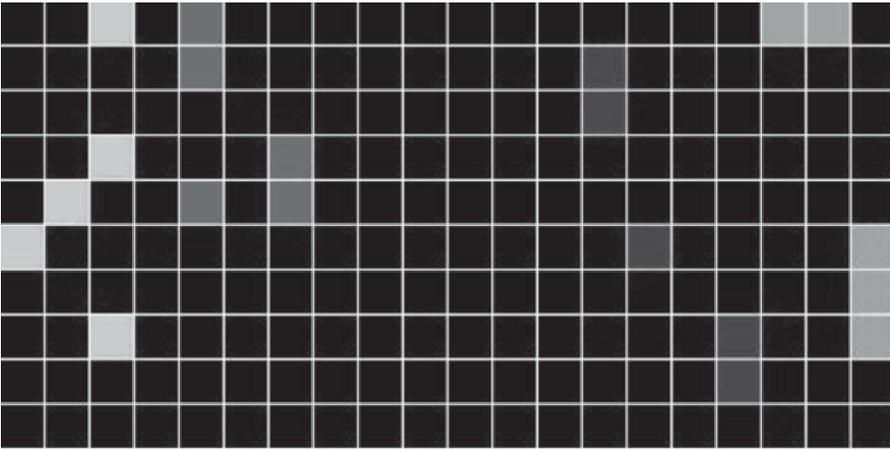


Рис. 2. Пример начальной расстановки двух армий в автобаттлере, обе из которых состоят из пяти мечников и пяти лучников. Более темными оттенками серого обозначены мечники, светлыми – лучники. Поле имеет размер  $20 \times 10$ .

По стандартной механике автобаттлеров восемь игроков находятся за столом и проводят сражения друг с другом по очереди. При каждом поражении проигравшему начисляется количество штрафных очков, равное количеству выживших боевых единиц врага. Когда игрок набирает критическое число штрафных очков, он выбывает из игры. Игра заканчивается, когда остается один игрок. Здесь не занимаемся рассмотрением экономической составляющей автобаттлера, но в качестве целевой функции рассматриваем количество выживших в результате сражения.

Симуляции проводились для трех составов армий игрока 2:

- 1) 5 мечников, 5 лучников, 0 магов;
- 2) 4 мечника, 3 лучника, 3 мага;
- 3) 1 мечник, 2 лучника, 7 магов.

Для армий игрока 1 перебирались все возможные сочетания юнитов при фиксированной сумме 10. Для каждого состава был проведен 21 эксперимент с различными случайными начальными расстановками обеих армий и результаты усреднены (при победе синего игрока выжившие юниты считались отрицательными числами, а при победе красного – положительными).

На рис. 3 результаты численных экспериментов ( $b$ ,  $z$ ,  $e$ ) сопоставлены с соответствующими гамильтонианами ( $a$ ,  $v$ ,  $d$ ) в одинаковых цветовых схемах. Во всех трех рассмотренных случаях оптимальная композиция, предсказываемая нашим гамильтонианом, совпадает с таковой в игре. Также сходство картин распределения в целом видно невооруженным глазом. Таким образом, даже в существенно дискретной системе предлагаемая модель, не учитывающая никак пространственное расположение и скорость движения боевых единиц, все же дает хорошие предсказания статистики сражений и оптимальных

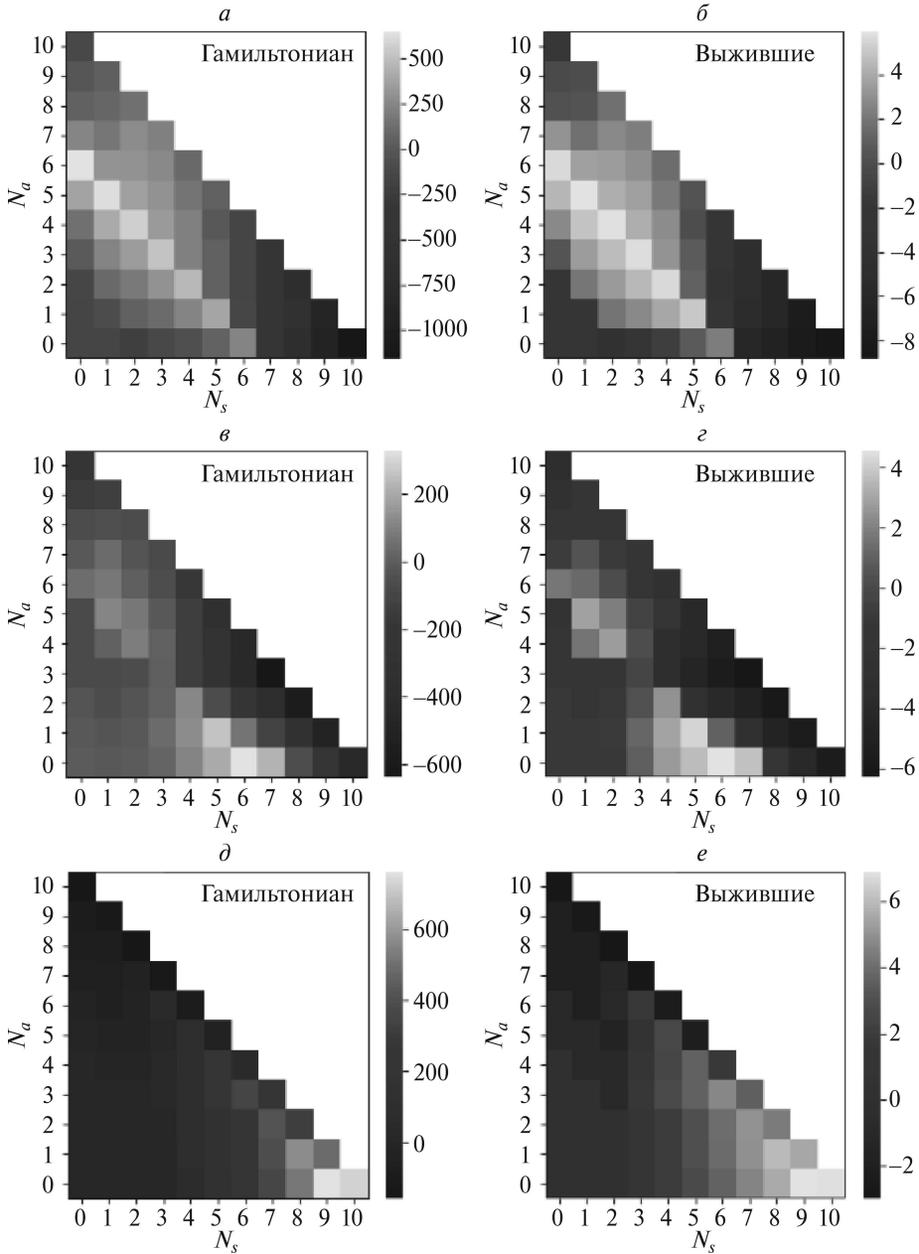


Рис. 3. Зависимости (*a*, *в*, *д*) гамильтониана системы (*б*, *г*, *е*) результатов численных экспериментов по измерению среднего количества выживших от состава армии 1. Армия игрока 2 состоит из: (*a*, *б*) 5 мечников, 5 лучников, 0 магов; (*в*, *г*) 4 мечника, 3 лучника, 3 мага; (*д*, *е*) 1 мечник, 2 лучника, 7 магов. По осям:  $N_s$  – количество мечников в армии 1,  $N_a$  – количество лучников, количество магов равно  $10 - N_s - N_a$ . Параметры мечников: 60 здоровья, 0,5 урона за ход, радиус атаки 3 клетки; у лучника 20 здоровья, 2 урона за ход, радиус атаки 4,5 клетки; начальный урон мага 25 единиц здоровья.

композиций в этом смысле. Проблема строгой оптимизации композиции армии в автобаттлере является NP-полной [12], однако здесь построено достаточно точное приближение, которое можно использовать при решении практических задач.

#### 4. Заключение

Предложена математическая модель, описывающая динамику сражения армий, содержащих одновременно боевые единицы с непрерывным огнем и спецспособностью однократного действия. Подробно разобран случай наличия выбора из трех типов боевых единиц, относящихся друг к другу как “камень-ножницы-бумага”, один из которых имеет однократный эффект, а два других обладают непрерывным огнем. Получены аналитические выражения для состава оптимального ответа на известную армию противника в этом случае. Показано, что разработанная дискретно-непрерывная модель хорошо применима не только к описанию крупномасштабных сражений, но и для сражений малых отрядов размером порядка десяти боевых единиц в автобаттлерах.

Проанализированы не только способы воспользоваться информационным преимуществом (через составление оптимального ответа на вражескую армию) но и способы защититься в условиях, когда игрок подозревает наличие такого преимущества у противника, а сам информацией о вражеской армии не обладает. Для последующих работ также большой интерес представляют подходы к оптимальной дезинформации противника, а именно сообщения ему такой ложной информации о своей армии, оптимальный ответ на которую был бы наиболее выгоден дезинформирующему игроку.

В данной работе рассмотрен симметричный случай (у двух игроков одинаковое количество денег и одинаковые характеристики боевых единиц), это типичная ситуация для компьютерных игр, однако на практике могут быть интересны и стратегии для случаев существенного преимущества, технологического и/или экономического, у одного из игроков. Рассмотренная механика действия боевых единиц с однократным эффектом также не является единственной возможной, и в перспективе могут проводиться исследования самых разнообразных других механик однократного действия.

Также перспективным представляется развитие подобных подходов для пространственных моделей сражений, аналогичных изложенным в [13, 14].

С точки зрения практической применимости обсуждавшиеся в данной работе стратегии и подходы могут быть полезны для изучения военными и политическими экспертами. Варгеймы с аналогичными механиками служат одним из важных аналитических инструментов в геополитике, многие ключевые центры, как, например, RAND и CSIS, имеют богатую историю производства таких игр и использования их для прогнозирования геополитических сценариев [15–17].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осинов М.П.* Влияние численности сражающихся сторон на их потери // Военный сборник. 1915. Т. 6. С. 59–74.
2. *Lanchester F.W.* Aircraft in Warfare: the Dawn of the Fourth Arm. London: Constable & Co. Ltd. 1916.
3. *Schaffer M.B.* Lanchester models of guerrilla engagements // Oper. Res. 1968. V. 16. P. 457–488.
4. *Fox W.P.* Discrete combat models: Investigating the solutions to discrete forms of Lanchester's combat models // Int. J. Oper. Res. Inf. Syst. 2010. V. 1. P. 16–34.
5. *Baik S.* A Raid-Type War-Game Model Based on a Discrete Multi-Weapon Lanchester's Law // Management Sci. Finan. Engineer. 2013. V. 19. P. 31.
6. *Laryushin I.D.* Advanced Lanchester Combat Model for Inhomogeneous Armies in RTS Games // IEEE Trans. Games. 2023. V. 15. P. 148–156.
7. *Stanescu M., Barriga N., Buro M.* Using Lanchester attrition laws for combat prediction in StarCraft // AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. 2015. V. 11. P. 86–92.
8. *Vinyals O., Babuschkin I., Czarnecki W. M., et al.* Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning // Nature. 2019. V. 575. P. 350–354.
9. *Zong Y., Lin L., Wang S., Cui Z., Chen Y.* Improvements and Challenges in StarCraft II Macro-Management A Study on the MSC Dataset // J. Theory Practic. Engineer. Sci. 2023. V. 3. P. 29–35.
10. *Xu J., Chen S., Zhang L., et al.* Lineup mining and balance analysis of auto battler // Proceedings of the 2020 International Conference on Aviation Safety and Information Technology. 2020. P. 169–176.
11. *Gong Y.J., Guo J.X., Lin D.L., et al.* Automated team assembly in mobile games: a data-driven evolutionary approach using a deep learning surrogate // IEEE Trans. Games. 2022. V. 15. P. 67–80.
12. *Ponomarenko A.A., Sirotkin D.V.* Dota Underlords game is NP-complete // arXiv preprint arXiv:2007.05020. 2020.
13. *Краснощечков П.С., Петров А.А.* Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1983.
14. *Keane T.* Combat modelling with partial differential equations // Appl. Math. Mod. 2011. V. 35. P. 2723–2735.
15. *Еремин А.А.* Использование “варгеймов” в исследовании международных отношений // МЭиМО. 2021. Т. 65. С. 90–100.
16. *Gentile G. et al.* Revisiting RAND's Russia Wargames After the Invasion of Ukraine. Santa Monica, CA: RAND, 2023.
17. *Cancian M.F., Cancian M., Heginbotham E.* The First Battle of the Next War: Wargaming a Chinese Invasion of Taiwan. Washington: Center for Strategic and International Studies, 2023.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А.А. Галляевым.*

Поступила в редакцию 31.05.2024

После доработки 12.07.2024

Принята к публикации 25.07.2024