

ПОРОГОВЫЕ МОДЕЛИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Бреер В. В.¹

(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

Исследованы модифицированные модели ведения боевых действий Ланчестера – Осипова, в которых учитываются три варианта психологических характеристик агентов: сдача в плен, уклонение от борьбы с возможным ее возобновлением и конформное дезертирство. Для первых двух вариантов используется пороговая модель ограниченного партнерства Шеллинга, для последней – пороговая модель конформного поведения Грановеттера. Так, у агента существует порог по отношению к доле дезертирующих с поля боя «своих». Если эта доля больше порога, то агент также присоединяется к убегающим (здесь порог соответствует уровню его дисциплины). Для модификации использованы функции распределения порогов конформности агентов. В качестве функции распределения выбрана двухпараметрическая бета-функция. Это обусловлено тем, что ее параметры позволяют содержательно проинтерпретировать такие характеристики, как соотношения «трусов» и «храбрецов» сражающихся сторон. Так, чем больше α , тем больше «трусливых» агентов в группе. Чем больше β , тем больше «смелых» агентов в группе. В каждой из моделей численно решена система ОДУ для определенной функции распределения порогов, построены графики динамики количества агентов, участвующих в сражении, и полученные результаты проанализированы.

Ключевые слова: коллективное поведение, пороговая модель, модель Ланчестера – Осипова, модель Шеллинга, модель Грановеттера.

1. Введение

Динамическая модель Ланчестера [16], или закон Ланчестера о ходе сражения (Combat), является инструментом теоретического прогноза результатов ведения боевых действий (Warfare) [21]. В целях подтверждения теоретических результатов были проведены многочисленные исследования по идентификации этой модели по данным о реальных сражениях [10, 12, 13]. Следует отметить, что в это же время аналогичные модели исследовал М. Осипов [6], математические результаты которого были аналогичными – система дифференциальных уравнений (1) ниже.

¹ Владимир Валентинович Бреер, к.т.н. (breer@live.ru).

Модель Ланчестера – Осипова описывает динамику истощения (Attrition) численности воюющих сторон в зависимости от их показателей *эффективности* ведения боевых действий. Так, рассмотрим две сражающихся группы N_1 и N_2 . Пусть в начальный момент времени число солдат (далее их будем называть агентами) в соответствующих группах равно n_1 и n_2 . Агрегированные показатели эффективности обозначим через коэффициенты $K_1, K_2 \in (0, +\infty)$, а количество сражающихся агентов в момент времени $t \in [0, +\infty)$ – соответственно через $x_1(t)$ и $x_2(t)$. Динамическая модель Ланчестера – Осипова описывает изменение количества живых агентов и имеет вид следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$(1) \quad \begin{cases} \dot{x}_1 = -K_2 x_2, \\ \dot{x}_2 = -K_1 x_1, \\ x_1(0) = n_1, x_2(0) = n_2. \end{cases}$$

Эта простейшая модель неоднократно модифицировалась в зависимости от типа боевых действий: применение артиллерии [21], партизанская или повстанческая войны [10, 17], возможность задействовать резервы [20], условия, приводящие к хаотическому поведению [11], учет иерархии [9], игровых [4, 8] и психологических [7]. В настоящей работе предлагается учесть психологические характеристики агентов. Для этого рассмотрены три возможных случая, показанные на рис. 1:

1. Сдача в плен противнику.
2. Временное уклонение от борьбы с возможностью возврата.
3. Конформное дезертирство.

Термин «конформное» применен в психологическом смысле. Уровень конформности агентов может быть определен психологическими тестами. Если в качестве идентификации модели использовать исторические данные военной статистики, то представляется целесообразным подбирать параметры модели (коэффициенты эффективности $K_1, K_2 \in (0, +\infty)$ и функции распределения порогов (3) так, чтобы теоретические величины согласовывались с данными статистики.

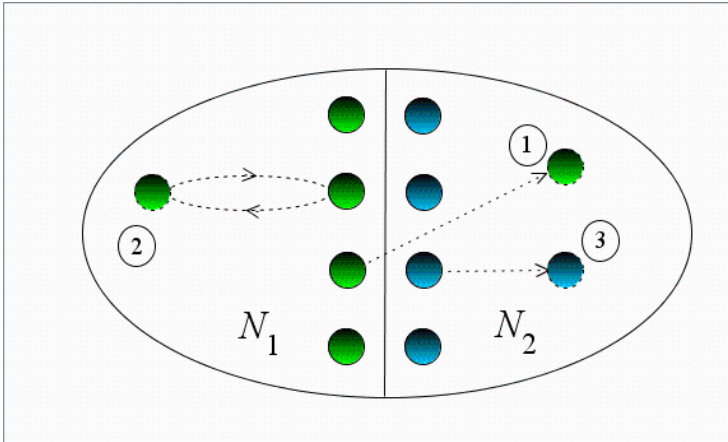


Рис. 1. Модели поведения агентов в ходе сражения

Для учета уклонения от борьбы была взята за основу *пороговая модель ограниченного окружения Шеллинга* (Bounded Neighborhood Model [19]), которая в данном контексте состоит в следующем. У каждого агента существует порог по отношению к доле сражающихся «своих». Если эта доля больше порога, то агент вступает в сражение. Иначе он уклоняется от борьбы.

Учет такого поведения вносит поправки в модель (1), зависящие от функции распределения порогов уклонения от борьбы. Возможны два случая: уклоняющийся от борьбы может сдаться или не сдаться в плен. Эти случаи отражены в соответствующих уточнениях модели.

Для учета конформности за основу взята *модель порогового конформного поведения Грановеттера* [1, 2, 14]. В рассматриваемом контексте она имеет следующую содержательную интерпретацию. У агента существует порог по отношению к доле дезертирующих с поля боя «своих». Если эта доля больше порога, то агент также присоединяется к убегающим (здесь порог соответствует уровню его дисциплины).

Ниже последовательно рассматриваются модель сдачи в плен противнику, модель уклонения от борьбы с возможным возвратом к ней и модель панического дезертирства. В каждой из моделей численно решается система ОДУ для определенной

функции распределения порогов и решения анализируются. Функция распределения выбирается так, чтобы ее параметры содержательно интерпретировались в соответствии с постановкой задачи.

2. Модель сдачи в плен противнику

Пусть в момент времени t все агенты делятся на сражающихся $x_i(t)$, сдавшихся в плен $y_i(t)$ и убитых и раненых $n_i - x_i(t) - y_i(t)$, $i = 1, 2$.

Уменьшение числа сражающихся в момент времени $\dot{x}_i = \dot{x}_i(t)$, $i = 1, 2$, зависит от:

1. Эффективного числа сражающихся противоположной группы $K_{3-i}x_{3-i}$, где K_{3-i} – эффективность ведения боя (согласно закону Ланчестера [16]).

2. Скорости сдавшихся в плен агентов этой группы в момент времени $\dot{y}_i = \dot{y}_i(t)$.

Агент группы N_i , $i = 1, 2$, вступает в борьбу или сдается в плен в зависимости от своего порога. Если доля сражающихся

«своих» $\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}$ не меньше этого порога, то воин продолжает

борьбу. Пусть функции распределения порогов агентов равны

$F_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $i = 1, 2$. Значит, величина $F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)$ пока-

зывает долю агентов, готовых продолжать борьбу. Соответ-

ственно, величина $1 - F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)$ показывает долю агентов

сдающихся в плен, а скорость числа сдающихся в \dot{y}_i , $i = 1, 2$,

зависит от числа сдающихся в плен $\left(1 - F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)\right)x_i$. Будем

считать эту зависимость пропорциональной, а коэффициент пропорциональности для простоты опустим. Таким образом получим равенство между этими двумя величинами.

Согласно сделанным предположениям динамику можно записать в следующем виде:

$$(2) \quad \begin{cases} \dot{x}_i = -K_{3-i}x_{3-i} - \dot{y}_i, i = 1, 2, \\ \dot{y}_i = \left(1 - F_i \left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}} \right) \right) x_i, \\ x_1(0) = n_1, x_2(0) = n_2, y_1(0) = 0, y_2(0) = 0. \end{cases}$$

Рассмотрим в качестве функции распределения порогов бета функцию:

$$(3) \quad F_i(x) = I(x, \alpha_i, \beta_i) = \frac{\int_0^x z^{1-\alpha_i} (1-z)^{1-\beta_i} dz}{\int_0^1 z^{1-\alpha_i} (1-z)^{1-\beta_i} dz},$$

где $\alpha_i \in [0, \infty)$, $\beta_i \in [0, \infty)$, $i = 1, 2$.

Выбор этого распределения обусловлен прозрачной содержательной интерпретацией параметров α_i , β_i как величин соотношений «трусов» и «храбрецов» в распределении. Так, чем больше α_i , тем больше трусливых агентов в группе N_i . Чем больше β_i , тем больше смелых агентов в группе N_i . Таким образом, α_i – это степень *трусости*, а β_i – степень *храбрости*.

Пусть группа N_1 состоит из равного количества «трусов» и «храбрецов» ($\alpha_1 = \beta_1 = 0,2$), а группа N_2 – в основном из «трусов» ($\alpha_2 = 2, \beta_2 = 0,2$). Графики функций распределения (3) с указанными параметрами изображены на Рис. 2, где кривая зеленого цвета соответствует группе N_1 , а синего – N_2 .

Пусть первоначальное количество агентов одинаково: $n_1 = n_2 = 1000$, а также одинаковы эффективности борьбы: $K_1 = K_2 = 1$. Численно решая систему (2), получим графики зависимости числа живых $x_i(t) + y_i(t)$ и числа сдавшихся в плен $y_i(t)$, изображенные на Рис. 3. Из этих графиков видно, что в момент окончания сражения группа синих N_2 потерпела поражение – их осталось только 400 агентов в плену. В группе N_1 выжило 600 агентов, из которых 270 сдалось в плен.

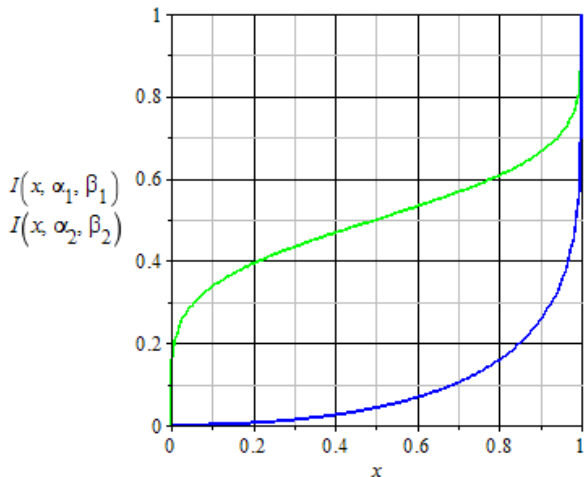


Рис. 2. Бета распределения порогов двух групп

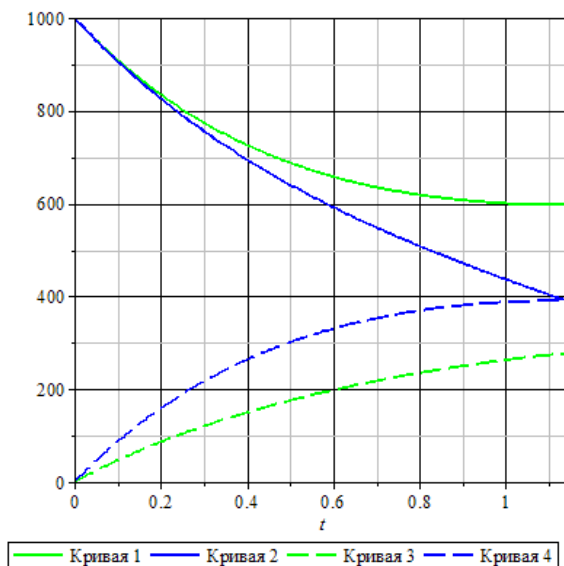


Рис. 3. Число живых: $x_1(t) + y_1(t)$ – кривая 1 и $x_2(t) + y_2(t)$ – кривая 2; число сдавшихся в плен: $y_1(t)$ – кривая 3, $y_2(t)$ – кривая 4 для модели сдачи в плен противнику

3. Модель уклонения от борьбы с возможным возвратом к ней

Пусть в момент времени t все агенты делятся на сражающихся $x_i(t)$, временно уклоняющихся от борьбы $y_i(t)$ и убитых и раненых $n_i - x_i(t) - y_i(t)$, $i = 1, 2$.

Уменьшение числа сражающихся в единицу времени \dot{x}_i , $i = 1, 2$, зависит от:

1. Эффективного числа сражающихся противоположной группы $K_{3-i}x_{3-i}$, где K_{3-i} – эффективность ведения боя (согласно закону Ланчестера [16]).

2. Скорости временно уклоняющихся от борьбы этой группы в единицу времени \dot{y}_i .

Агент группы N_i , $i = 1, 2$, вступает в борьбу или уклоняется в зависимости от своего порога. Если доля сражающихся «своих» $\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}$ не меньше этого порога, то воин продолжает борьбу.

Пусть функции распределения порогов агентов равны $F_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $i = 1, 2$. Значит величина $F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)$ показывает долю агентов, готовых продолжать борьбу.

Таким образом, *скорость* временно уклоняющихся от борьбы в единицу времени \dot{y}_i , $i = 1, 2$, зависит от:

– числа уклоняющихся от борьбы $\left(1 - F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)\right)x_i$ (увеличение скорости бегства).

– числа уклонистов, готовых обратно вступить в бой $F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)y_i$ (уменьшение скорости бегства).

Согласно сделанным предположениям динамику истощения можно записать в следующем виде:

$$(4) \begin{cases} \dot{x}_i = -K_{3-i}x_{3-i} - \dot{y}_i, i=1,2, \\ \dot{y}_i = \left(1 - F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)\right)x_i - F_i\left(\frac{x_i}{x_i + x_{3-i}}\right)y_i, \\ x_1(0) = n_1, x_2(0) = n_2, y_1(0) = 0, y_2(0) = 0. \end{cases}$$

Рассмотрим опять в качестве функции распределения порогов бета функцию (3) с параметрами, как в предыдущем разделе и графиками, изображенными на Рис. 2.

Пусть первоначальное количество агентов одинаково: $n_1 = n_2 = 1000$, а также одинаковы эффективности борьбы: $K_1 = K_2 = 1$. На Рис. 4 изображены соответствующие графики для модели уклонения от борьбы с возможным возвратом к ней.

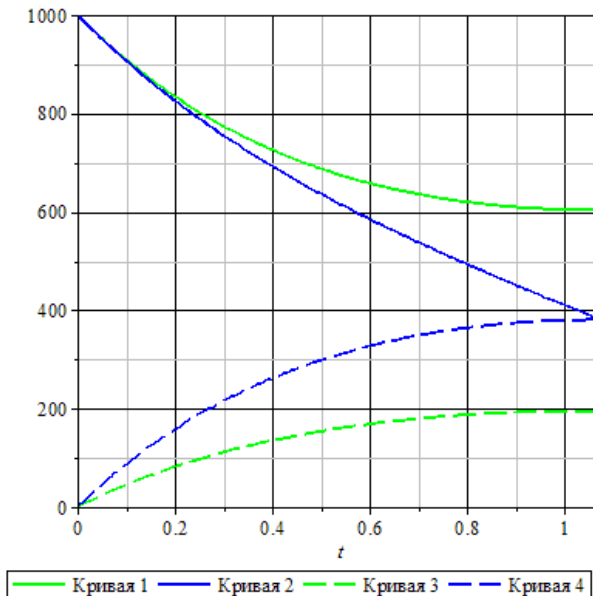


Рис. 4. Число живых: $x_1(t) + y_1(t)$ – кривая 1 и $x_2(t) + y_2(t)$ – кривая 2; число сдавшихся в плен: $y_1(t)$ – кривая 3, $y_2(t)$ – кривая 4 для модели уклонения от борьбы с возможным возвратом к ней

Динамика и конечный результат для группы синих агентов N_2 почти не изменились по сравнению с моделью со сдачей в плен: их сдалось в плен 380 (вместо 400 в модели с пленением). Борьба длилась немного короче – 1,1 единицу времени по сравнению с 1,14 в модели с пленением. В живых агентов группы N_1 осталось столько же, а уклонилось от борьбы 200 вместо 270 в модели со сдачей в плен. Последние два эффекта связаны с тем, что у агентов была возможность вернуться в борьбу, видя, что их группа побеждает. Соответственно время сражения стало короче и в, конечном итоге, меньше уклонилось от борьбы, чем сдалось в плен в предыдущей модели.

Итак, видно, как выражается преимущество в смелости группы N_1 перед группой N_2 при равных значениях эффективностей $K_1 = K_2$ и начальных численностей $n_1 = n_2$. Справедливо поставить следующие вопросы: каким значением эффективности, или какой начальной численностью группы, можно компенсировать результат сражения в пользу этой группы, если в нее входят менее храбрые агенты. Иными словами, насколько должно быть больше агентов или выше эффективность вооружения, чтобы, командуя «трусам», с этим преимуществом можно было бы все же выиграть сражение.

Для ответов на эти вопросы рассмотрим два случая.

1. *Базисная* группа агентов, для которой выбраны следующие параметры $\alpha_i = 0,5$, $\beta_i = 2$, $n_1 = 1000$ и $K_1 = 1$. То есть это группа с преобладанием *смелых* агентов. Пусть α , β , K , n – соответствующие параметры группы, с которой она ведет борьбу. На левом графике Рис. 5 изображена так называемая *поверхность безразличия* $\{(\alpha, \beta): K(\alpha, \beta) > 1\}$ для эффективности $K = K(\alpha, \beta)$ при одинаковом первоначальном количестве агентов $n_1 = n_2 = 1000$. Если точка (α, β, K) лежит выше этой поверхности, то базисная группа проигрывает битву. Если точка (α, β, K) лежит ниже этой поверхности, то базисная группа выигрывает битву. Когда точка (α, β, K) находится на поверхности, то борьба заканчивается вничью – сражающиеся стороны истощают друг друга и в живых остаются только уклонисты. На правом графике Рис. 5 изображена *поверхность безразличия* $\{(\alpha, \beta): n(\alpha, \beta) > 1000\}$ для начального числа агентов $n = n(\alpha, \beta)$ при

фиксированной эффективности $K = K_1 = 1$. На гиперплоскостях $(\alpha, \beta, K = 1)$ и $(\alpha, \beta, n = 1000)$ базисная группа проигрывает.

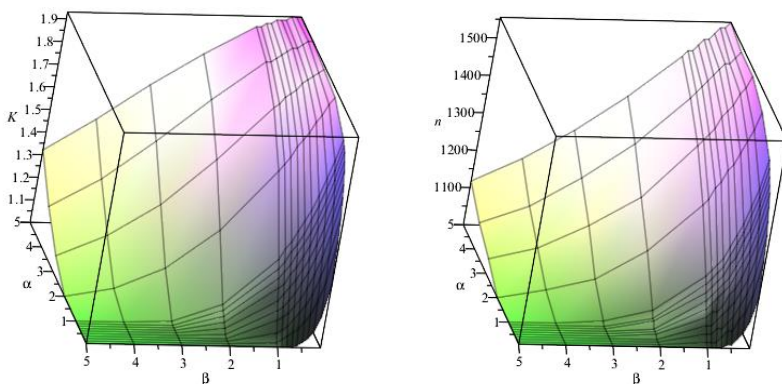


Рис. 5. Поверхности безразличия для базисной группы смелых агентов

2. Базисная группа агентов, для которой выбраны следующие параметры $\alpha_i = 0,5$, $\beta_i = 0,2$, $n_1 = 1000$ и $K_2 = 1$. То есть это группа со смешанным количеством трусливых и смелых агентов. Пусть α, β, K, n – соответствующие параметры группы, с которой она ведет борьбу. На левом графике Рис. 6, как и в случае 1, изображена поверхность безразличия для эффективности $K = K(\alpha, \beta)$ при одинаковом первоначальном количестве агентов $n_1 = n_2 = 1000$. На правом графике Рис. 6 изображена поверхность безразличия для параметров (α, β, n) при фиксированной эффективности $K = K_1 = 1$. В данном случае гиперплоскости $(\alpha, \beta, K = 1)$ и $(\alpha, \beta, n = 1000)$, где базисная группа проигрывает, занимают большую площадь, чем в случае 1. Это происходит из-за того, что в базисной группе присутствует больше трусливых агентов.

Таким образом, можно ставить и решать задачи управления: зная распределение порогов своих агентов, командир может принимать решения либо об увеличении их численности, либо выбирать способы более эффективного ведения боевых действий, что, возможно, сопряжено с дополнительными затратами, и т.д.

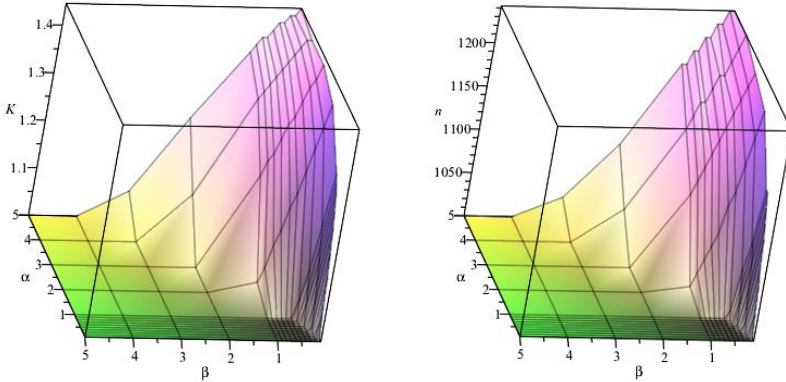


Рис. 6. Поверхности безразличия для базисной смешанной группы смелых и трусливых агентов

4. Модель конформного дезертирства

Пусть в момент времени t все агенты делятся на сражающихся $x_i(t)$, дезертиров $y_i(t)$ и убитых $n_i - x_i(t) - y_i(t)$, $i = 1, 2$.

Уменьшение числа сражающихся в единицу времени \dot{x}_i , $i = 1, 2$, зависит от:

- эффективного числа сражающихся противоположной группы $K_{3-i}x_{3-i}$, где K_{3-i} – эффективность ведения сражения.
- числа дезертиров этой группы в единицу времени \dot{y}_i .

Агент группы N_i , $i = 1, 2$, продолжает в борьбу или дезертирует в зависимости от своего порога. Если доля уже покинувших поле боя дезертиров $\frac{y_i}{x_i + y_i}$ не меньше этого порога, то

агент так же покидает поле сражения (интерпретация модели Грановеттера [3]). Пусть функции распределения порогов агентов равны $F_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $i = 1, 2$. Значит, величина

$F_i\left(\frac{y_i}{x_i + y_i}\right)$ показывает долю агентов, готовых дезертировать.

Таким образом, изменение числа уклоняющихся от борьбы

в единицу времени \dot{y}_i , $i = 1, 2$, зависит от числа сдающихся в плен $F_i \left(\frac{y_i}{x_i + y_i} \right) x_i$.

Согласно сделанным предположениям динамику можно записать в следующем виде:

$$(5) \quad \begin{cases} \dot{x}_i = -K_{3-i}x_{3-i} - \dot{y}_i, i = 1, 2, \\ \dot{y}_i = F_i \left(\frac{y_i}{x_i + y_i} \right) x_i, \\ x_1(0) = n_1, x_2(0) = n_2, y_1(0) = 0, y_2(0) = 0. \end{cases}$$

Если $F_i(0) = 0$, то изменения количества дезертиров не происходит, поэтому, чтобы увидеть изменение модели Ланчестера вследствие этого явления, будем считать, что ненулевая доля агентов имеет нулевые пороги:

$$(6) \quad F_i(0) \neq 0, i = 1, 2.$$

Выберем в качестве функции распределения порогов распределение (3), модифицированное так, чтобы выполнялось условие (6):

$$(7) \quad F_i(x) = a_i + (1 - a_i)I(x, \alpha_i, \beta_i), a_i \in [0, 1], i = 1, 2.$$

Функция вида (7) использовалась в моделях управления толпой (см. [3, 4]).

Выберем те же параметры бета распределения, что и в предыдущих моделях, но здесь они будут иметь другие содержательные интерпретации: α_i — характеризует долю агентов в распределении (3), не подверженных панике; β_i — характеризует долю паникеров. Так группа N_1 состоит из равного количества «паникеров» и не подверженных панике агентов ($\alpha_i = \beta_i = 0,2$), а группа N_2 — в основном из не подверженных панике ($\alpha_2 = 2, \beta_2 = 0,2$). Для $a_1 = a_2 = 0,1$ графики распределения порогов (7) будут выглядеть, как показано на Рис. 7.

Пусть первоначальные количества агентов одинаковы: $n_1 = n_2 = 1000$, а также одинаковы эффективности борьбы: $K_1 = K_2 = 1$. На Рис. 8 изображены графики решения системы (5) модели с дезертирами с функциями распределения порогов (7).

Как и следовало ожидать, группа N_1 проиграла сражение, при этом дезертировало 225 агентов.

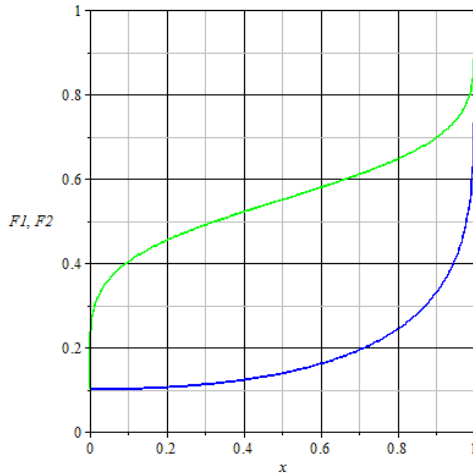


Рис. 7. Распределения порогов конформистов (7)

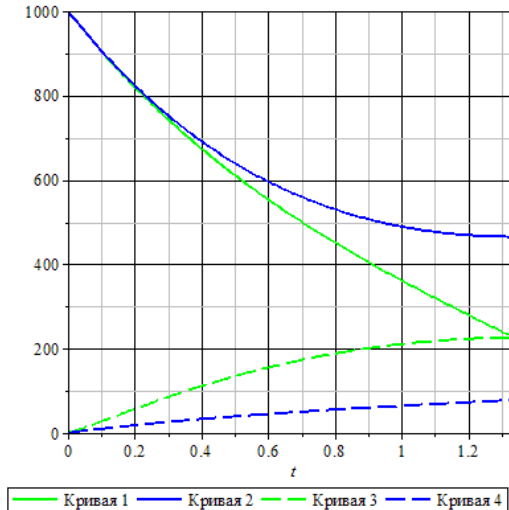


Рис. 8. Число живых: $x_1(t) + y_1(t)$ – кривая 1 и $x_2(t) + y_2(t)$ – кривая 2; число сдавшихся в плен: $y_1(t)$ – кривая 3, $y_2(t)$ – кривая 4 для модели конформного дезертирства

5. Заключение

Приведенные в статье модели модифицируют модель ведения боевых действий Ланчестера [16], учитывая психологические аспекты агентов воюющих сторон. Для этих целей выбраны две модели - Шеллинга [19] и Грановеттера [14], которые являются хрестоматийными для пороговых моделей социологии.

В результате проведенного исследования предложены варианты динамических систем, параметры которых содержательно интерпретируются в рамках описания боевых действий. После их численного решения при различных значениях параметров моделей, исследованы эффекты влияния смелости, трусости и паники на конечное соотношение численности оставшихся в живых агентов, сдавшихся в плен, уклонившихся от борьбы и дезертиров соответственно.

Литература

1. БРЕЕР В.В. *Теоретико-игровые модели конформного поведения*. // Автоматика и телемеханика. – 2012. – №10. – С. 111–126.
2. БРЕЕР В.В., РОГАТКИН А.Д. *Вероятностная модель порогового поведения в многоагентных системах* // Автоматика и телемеханика. – 2015. – №8. – С. 56–77.
3. БРЕЕР В.В., НОВИКОВ Д.А., РОГАТКИН А.Д. *Микро- и макромоделли управления толпой. Ч.1. Основы теории* // Проблемы управления. – 2014. – №5. – С. 28–33.
4. БРЕЕР В.В., НОВИКОВ Д.А., РОГАТКИН А.Д. *Микро- и макромоделли управления толпой. Ч. 2. Идентификация и имитационные эксперименты* // Проблемы управления. – 2014. – №6. – С. 45–51.
5. НОВИКОВ Д.А. *Иерархические модели военных действий* // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 37. – С. 25–62.
6. ОСИПОВ М.П. *Влияние численности сражающихся сторон на их потери* // Военный сборник. – 1915. – №6. – С. 59–74; №7. – С. 25–36; №8. – С. 31–40; №9. – С. 25–37.

7. ШУМОВ В.В. *Учет психологических факторов в моделях боя (конфликта)* // Компьютерные исследования и моделирование. – 2016. – Т. 8, №6. – С. 951–964.
8. ШУМОВ В.В. *Теоретико-игровая модель обороны стационарных объектов* // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – №2(76). – С. 18–21.
9. ШУМОВ В.В. *Иерархия моделей боевых действий и пограничных конфликтов* // Управление большими системами. – 2019. – Вып. 79. – С. 86–111.
10. BLANK L., ENOMOTO C.E., GEGAX D., MCGUCKIN T., SIMMONS C. *A Dynamic Model of Insurgency: The Case of the War in Iraq* // Peace Economics, Peace Science, and Public Policy. – 2008. – Vol. 14, No. 2. – P. 1–28.
11. DEWAR J.A., GILLOGLY J.J., JUNCOSA M. L. *Non-Monotonicity, Chaos and Combat Models*. – Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1991.
12. ENGEL J.H. *A Verification of Lanchester's Law* // Journal of the Operations Research Society of America. – May 1954. – Vol. 2, No. 2. – P. 163–171.
13. FRICKER R.D.JR. *Attrition Models of the Ardennes Campaign* // Naval Research Logistics. – 1998. – Vol. 45.
14. HELMBOLD R.L. *Osipov: The 'Russian Lanchester'* // European Journal of Operational Research. – 1992. – No. 65. – P. 278–288.
15. GRANOVETTER M. *Threshold Models of Collective Behavior* // AJS. – 1978. – Vol.83, No. 6. – P. 1420–1443.
16. LANCHESTER F.W. *Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm* // Engineering. – 1914. – Vol. 98.–P. 422–423; 452–454.
17. KIPP J. *Tracking Down Russia's Lanchester* // The Journal of Slavic Military Studies. – 2004. – Vol. 17, No. 2. – P. 257–269.
18. SCHAFFER M.B. *Lanchester Models of Guerrilla Engagements*. – The Rand Corporation, 1968.
19. SCHELLING T. *Dynamic Models of Segregation* // Journal of Mathematical Sociology. – 1971. – Т. 1. – P. 143–186.
20. SHEEBA P.S., GHOSE D. *Optimal resource partitioning in conflicts based on Lanchester (n, 1) attrition model* // American Control Conference, 14-16 June 2006.

21. TAYLOR J.G., BROWN G.G. *Annihilation Prediction for Lanchester-Type Models of Modern Warfare // Operations Research*. – July-August 1983. – Vol. 31, No. 4. – P. 752–771.

THRESHOLD MODELS OF WARFARE

Vladimir Breer, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Cand.Sc., (breer@live.ru).

Abstract: Modified models of the conduct of hostilities by Lanchester - Osipov are studied, in which three variants of the psychological characteristics of agents are taken into account: surrender, evasion of the struggle against its possible resumption, and conformal desertion. For the first two options, the threshold model of Schelling's limited partnership is used; for the latter, the threshold model of Granovetter's conformal behavior. So, the agent has a threshold in relation to the proportion of "ours" deserting from the battlefield. If this fraction is greater than the threshold, then the agent also joins the runaways (here the threshold corresponds to the level of his discipline). For modification, the distribution functions of the thresholds of conformity of agents were used. The two-parameter beta function with the distribution density $x^{1-\alpha}(1-x)^{1-\beta}$. is selected as the distribution function. This is due to the fact that its parameters allow meaningful interpretation of such characteristics as the ratio of "cowards" and "brave men" of the fighting parties. So, the more α , the more "cowardly" agents in the group. The more β , the more "bold" agents in the group. In each of the models, the ODE system was numerically solved for a certain threshold distribution function, the dynamics of the number of agents participating in the battle were plotted, and the results were analyzed.

Keywords: collective behavior, threshold model, Lanchester's model, Schelling's model, Granovetter's model.

УДК 519.833.2

ББК 22.176

DOI: 10.25728/ubs.2020.84.2

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии А.Г. Чхартишвили.*

Поступила в редакцию 18.03.2020.

Опубликована 31.03.2020.