

Базовые функции в моделях военных, боевых и специальных действий

В.В. Шумов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук,
г. Москва, Россия

Аннотация. С точки зрения системного анализа и управления выделяется фаза подготовки военных, боевых и специальных действий, охраны границы, когда намерения противника и условия обстановки неясны, скрыты. В этих условиях можно ориентироваться только на объективные возможности сторон, оценке которых и посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: боевые действия, специальные действия, охрана границы, агрегированные функции, функции конфликта, функция победы, функция задержания нарушителей.

DOI: 10.14357/20790279240412 **EDN:** VNJPNЕ

Введение

Аналізу сложных социальных систем и конфликтов различного уровня посвящено множество научных исследований. Среди них можно отметить работы отечественной школы системного анализа [1–5]. Настоящая статья является развитием и конкретизацией выполненных исследований применительно к задачам моделирования военных, боевых и специальных действий.

Практическая деятельность людей условно делится на два вида: *производственная деятельность* (создание материальных и нематериальных благ) и *конфликтная деятельность* (перераспределение благ, создание правил и т. д.). В экономической теории им ставят в соответствие *производственные функции* (production functions) и функции конфликта – успеха в состязании (contest success functions). Созданием благ занимаются предприятия (фирмы), перераспределением – *институты*, включая военные организации. Те и другие построены по иерархическому принципу, но отличаются по целям. В первом случае степень достижения цели характеризуется прибылью и объемом производства, во втором – вероятностью успеха или победы (чтобы достичь цели войны – навязать противнику свою волю, надо его победить).

Структурно работа организована так. В первом разделе дан обзор по агрегированным функциям конфликта. Во втором разделе исследуется функция победы в бою (сражении, операции) и в специальных действиях. Третий раздел посвящен

агрегированным функциям охраны границы. В последнем разделе представлена функция устойчивости (сохранения) государства.

1. Агрегированные функции конфликта

Функции конфликта определяют вероятности победы (поражения) в зависимости от усилий и/или ресурсов участников. Положим, что в конфликте (в экономических задачах – в конкурсе или аукционе) участвуют две стороны. Их усилия (ресурсы) обозначим через $x > 0$ и $y > 0$, соответственно. Любой комбинации усилий сторон поставлены в соответствие вероятности успеха (победы) – $p_x(x, y)$ и $p_y(x, y)$. Достаточно хорошо исследованным является следующий класс функций победы (успеха):

$$p_x(x, y) = \frac{f_x(x)}{f_x(x) + f_y(y)}, \quad (1)$$

где $f_x(\cdot)$ и $f_y(\cdot)$ – неотрицательные, строго возрастающие функции.

Приведем некоторые наиболее часто встречающиеся функциональные формы модели (1). Модель Г. Таллока [6]:

$$p_x(x, y) = \frac{x^\mu}{x^\mu + y^\mu} = \frac{(x/y)^\mu}{(x/y)^\mu + 1}, \quad (2)$$

где $\mu > 0$ – параметр решительности сторон, относится к классу моделей на основе отношения потенциалов (результат зависит от отношения усилий сторон).

Модель Д. Макфаддена и Д. Хиршляйфена

$$p_x(x, y) = \frac{\exp(\mu x)}{\exp(\mu x) + \exp(\mu y)} = \frac{1}{1 + \exp(\mu(x - y))} \quad (3)$$

относится к классу моделей на основе разности потенциалов. К этому же классу относится *пробит-модель* $p_x(x, y) = \Phi(x - y)$, где Φ – функция Лапласа. При анализе конфликтов и аукционов неантагонистического характера иногда применяется *разностная модель* вида:

$$p_x(x, y) = \alpha_p + f_x(x) - f_y(y), \quad (4)$$

где $0 < \alpha_p < 1$ и функции $f_x(\cdot), f_y(\cdot)$ подобраны так, чтобы выполнялось условие $p_x(\cdot) \in [0, 1]$.

Теоретико-вероятностное обоснование функций конфликта основано на анализе влияния неучитываемых факторов (случайных ошибок) на результат. Функции регрессии в общем случае имеют вид $Y_x = h(x, \varepsilon_x)$, $Y_y = h(y, \varepsilon_y)$, где функции ошибок ε_x и ε_y имеют равные нулю математические ожидания. Тогда вероятность победы первой стороны в конфликте равна:

$$p_x(x, y) = P(Y_x > Y_y) = P(h(x, \varepsilon_x) > h(y, \varepsilon_y)).$$

В предположении, что функция регрессии линейна, а функция распределения ошибок имеет вид $F(u) = \exp(-\exp(-u))$ (функция экстремального распределения), Д. Макфадден получил модель бинарного выбора вида (3). Для функции регрессии мультипликативного вида и в предположении, что плотность распределения ошибок экспоненциальная, может быть получена модель вида (2).

Функции конфликта аксиоматизированы, в частности, Р. Люсом [7] и С. Скапердасом [8]. В основу аксиоматики положено *свойство независимости от посторонних альтернатив* (Independence of Irrelevant Alternatives property). В контексте конфликта это свойство требует, чтобы его исход между любыми двумя сторонами зависел только от количества оружия, которым владеют эти две стороны, а не от количества оружия, которым владеют третьи стороны. Следующее важное требование к функциям конфликта – их *однородность нулевой степени*, т. е. $p_x(tx, ty) = p_x(x, y)$ для всех $t > 0$. Модели (2) и (3) обладают *свойством симметрии или анонимности* в том смысле, что если усилия сторон поменять местами, то и вероятности их победы также поменяются местами.

С. Скапердас и др. отмечают, что несмотря на наличие значительного числа публикаций по моделированию конфликтов, конкурсов и аукционов в различных сферах деятельности, лишь в небольшом количестве публикаций затрагиваются вопросы верификации функций конфликта на реальных данных [9].

Л.Ф. Ричардсон обнаружил, что распределение жертв в конфликтах подчиняется степенному закону [10]:

$$p(x) = cx^{-\alpha},$$

где: $c > 0$ – коэффициент; α – параметр масштаба; $p(x)$ – вероятность события, что в конфликте (войне, террористическом акте и т.д.) будет x жертв.

Современные исследования подтвердили справедливость закона Ричардсона на основе анализа данных о войнах за период с 1816 по 1980 г. и о террористических актах с 1968 по 2008 г. Для террористических атак получено следующее значение параметра масштаба: $\alpha = 2,4 \pm 0,2$ (при $x \geq 10$).

А. Клаузет и Ф. В. Вигель, основываясь на идее самоорганизующейся критичности и используя методы статистической физики, доказали, что сила террористической атаки (оцениваемая ожидаемым количеством жертв) подчиняется степенному закону [11]:

$$p_k \propto k^{-\alpha}, \quad \alpha = s + 3/2 = 5/2.$$

Применение функций конфликта целесообразно на этапе планирования и прогнозирования боевых и специальных действий.

2. Функция победы в бою, сражении, операции

Функция победы в бою (сражении, операции) является частным видом функции конфликта (успеха в состязаниях). В 1945 году А. Н. Колмогоров предложил критерий эффективности стрельбы, основанный на законе поражения целей – зависимости вероятности поражения одиночной или групповой цели (математического ожидания числа пораженных целей) от количества выстрелов по ней [12]. Вероятность поражения цели (событие A) при x попаданиях по ней вычисляется по формуле:

$$P(A | x) = 1 - e^{-\alpha x}, \quad (5)$$

где $\alpha > 0$ – параметр.

Нормы расхода выстрелов (снарядов) зависят от типа цели и степени ее защищенности, используемых средств поражения, дальности до цели, способа подготовки к стрельбе и др. условий. Из анализа таблиц стрельбы видно, что уже при оценке поражения разведанных целей с известной дальностью до них и назначенным нарядом средств поражения требуется учитывать большое количество факторов и условий. Неопределенности увеличиваются на порядки при моделировании общевойскового боя, особенно на этапе его подготовки, когда в лучшем случае известны: а) типовые

организационные структуры противника и его вооружение (батальонная тактическая группа, танковая или мотопехотная бригада, механизированная дивизия и т. д.); б) примерная численность противника (степень укомплектованности); в) степень инженерного обеспечения, г) характер местности в районе боевых действий.

Положим, что в бою (сражении, операции) принимают участие две стороны. Боевые действия могут вестись в виде наступления, обороны, встречного боя (сражения) и т. д.

Введем следующие ограничения и допущения.

- 1) Сторонам известны типовые организационные структуры противника, боевые возможности подразделений и тактика действий.
- 2) Стороны независимо друг от друга принимают рациональные решения по размещению своих боевых единиц и подразделений с целью нанесения максимального урона противнику и/или минимизации своих потерь.
- 3) Отсутствует ввод резервов и вывод частей и подразделений в резерв, возможности сторон рассчитываются на начало боя.

Обозначим X и Y – случайные величины, – количества попаданий, необходимых для поражения целей противника первой и второй сторонами.

Исходя из закона поражения целей А.Н. Колмогорова, положим, что вероятности решения сторонами поставленных задач (поражения целей противника) подчиняются экспоненциальному распределению:

$$F_x(x) = 1 - e^{-c_x x}, \quad c_x = (\lambda r_x)^{-m}, \quad (6)$$

$$F_y(y) = 1 - e^{-c_y y}, \quad c_y = (\mu r_y)^{-m},$$

где: x – количество попаданий единицами первой стороны по целям второй; y – количество попаданий единицами второй стороны по целям первой; r_x и r_y – численности боевых единиц первой и второй стороны; $\lambda > 0$ ($\mu > 0$) – параметр первой (второй) стороны; $m > 0$ – параметр масштаба боевых действий.

В условиях принятых ограничений и допущений есть основания полагать, что случайные величины X и Y независимы. Математические ожидания случайных величин X и Y равны:

$$E[X] = (\lambda r_x)^m, \quad E[Y] = (\mu r_y)^m,$$

а плотности экспоненциальных распределений таковы:

$$f_x(x) = c_x e^{-c_x x}, \quad f_y(y) = c_y e^{-c_y y}.$$

Содержательно математические ожидания $E[X]$ и $E[Y]$ есть ожидаемые количества пораженных целей противника и являются численными

характеристиками *боевых потенциалов* сторон. Очевидно, что с увеличением численностей боевых единиц сторон растет их боевой потенциал – появляется возможность поражения большего количества целей противника.

Найдем вероятность того, что случайная величина X будет принимать большие значения, чем случайная величина Y (в предположении, что величины X и Y независимы):

$$P(x > y) = \int_0^{\infty} f_x(x) \left[\int_0^x f_y(y) dy \right] dx. \quad (7)$$

Опуская промежуточные выкладки, получим решение [13]:

$$P(x > y) = \frac{c_y}{c_x + c_y} = \frac{(\lambda r_x)^m}{(\lambda r_x)^m + (\mu r_y)^m} = \frac{(\beta r_x)^m}{(\beta r_x)^m + (r_y)^m},$$

$$\beta = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (8)$$

Содержательно вероятность $P(x > y)$ есть вероятность (функция) победы первой стороны над второй, β – параметр боевого превосходства первой стороны. Отметим, что выражение (7) справедливо для более широкого класса распределений. Если экспоненциальные распределения (6) заменить на показательные (с основанием степени $a > 1$), то результат не изменится.

Обозначим $q = \beta r_x / r_y$ – отношение сил сторон, тогда

$$P_x = \frac{q^m}{q^m + 1} = 1 - s^{-m}, \quad s^m = q^m + 1, \quad s > 1, \quad (9)$$

т. е. получили распределение Парето.

Итак, выше показано, как выполняется переход с операционного уровня (уровня отдельных боевых единиц или частных тактических задач, см. выражения (6)) к тактическому (оперативному, оперативно-стратегическому) уровню (выражение (8)). Если оценки параметров λ и μ выполняются отдельно для конкретных типов целей и средств поражения, то для оценки параметра боевого превосходства β достаточно знать типовые организационные структуры сторон, тактико-технические характеристики образцов вооружения и характеристики поля боя (свойства местности и т. д.). Методика оценки параметра боевого превосходства рассмотрена в работе [14].

Сначала рассмотрим содержательную оценку параметра масштаба боевых действий m (см. выражение (8)).

По опыту Великой Отечественной войны боевой порядок советской стрелковой дивизии строился, как правило, в два эшелона, в полосе

по фронту 8-12 км и в глубину 8-10 км. Основные артиллерийские средства дивизии обеспечивали маневр огнем во всей полосе обороны, второй эшелон (резерв) мог своевременно контратаковать вторгшегося в глубину обороны противника.

Полосы обороны армии и фронта имели относительно небольшую глубину и большой пространственный размах. При этом был ограничен маневр огнем и войсками по фронту (за исключением боевой авиации), см. рис. 1.



Рис. 1. Полоса обороны дивизии (слева) и армии (фронта)

На тактическом уровне вероятность победы наступающих равна (при значении параметра масштаба $m = 1$):

$$P'_x = \frac{q}{q+1} = \frac{\beta x}{\beta x + y}, \quad q = \frac{\beta x}{y}.$$

На оперативном (стратегическом) уровне в сражении (операции) задействованы все силы x наступающих и, в силу значительной растянутости фронта и относительно низких возможностей по маневру войсками и оружием, только часть сил $\Delta y < y$ обороняющихся (их значительная часть находится на пассивных участках). Тогда с учетом пассивных участков обороны вероятность победы на оперативном (оперативно-стратегическом) уровне равна:

$$P^s_x = \frac{cq}{cq+1}, \quad c = \frac{y}{\Delta y} > 1,$$

где c – параметр, учитывающий пассивность отдельных полос обороны.

Тогда из условия

$$\frac{cq}{cq+1} = \frac{q^m}{q^m+1} \quad \text{или из} \quad \frac{c\beta x}{c\beta x + y} = \frac{(\beta x)^m}{(\beta x)^m + y^m}$$

можно найти значение параметра масштаба. Например, при $q = 1,5$ и $c = 1,5$ получим $m = 2$, а при $q = 1,5$ и $c = 2,3$ будет $m = 3$. Значение параметра

масштаба $m > 1$ отражает тот факт, что обороняющаяся сторона не задействует все имеющиеся силы и средства, часть из них пассивна.

Важнейшая особенность специальных действий – привлечение значительных сил и средств не столько для нейтрализации (захвата, уничтожения) противника, сколько для его поиска, защиты гражданских лиц и объектов и т. д. Например, при действиях по ликвидации диверсионно-разведывательных групп боевой порядок может включать группу прикрытия, группу поиска, огневую группу, атаковую группу и др. При моделировании специальных действий полагается $m < 1$ (отражение того факта, что в нейтрализации противника задействованы только часть сил специальных действий).

Имея функцию победы, можно рассчитать требуемое отношение сил сторон (превосходство первой стороны) для победы с заданной вероятностью:

$$q = \sqrt[m]{\frac{P_x}{1-P_x}}.$$

По данным военной статистики и с учетом анализа современных операций оценен параметр масштаба [13]. В табл. 1 указано требуемое превосходство над противником с заданной вероятностью.

Из табл. 1 видно, что для победы над противником с вероятностью 0,75 на тактическом уровне требуется обеспечить трехкратное превосходство над противником, тогда как при ведении специальных действий уже требуется девятикратное превосходство. Данный результат подтверждается практикой контртеррористических и специальных операций. Опыт внутренних конфликтов свидетельствует о том, что соотношение численности правительственных войск к повстанцам должно быть в пределах (8–10) : 1 (восемь – десять единиц к одной). Многие государства Запада исходят именно из таких показателей при определении численности сил правопорядка.

Таким образом, опираясь на закон поражения целей А.Н. Колмогорова и с использованием теории вероятностей построена функция победы в бою (сражении, операции), которая может быть положена в основу оперативно-тактических расчетов при подготовке боевых и специальных действий,

Табл. 1

Требуемое превосходство над противником в боевых действиях и специальных операциях

Заданная вероятность победы P_x	Специальные действия, $m = 0,5$	Боевые действия		
		Тактический уровень, $m = 1$	Оперативный уровень, $m = 1 - 1,5$	Стратегический уровень, $m = 1,5 - 2$
0,7	5,4	2,3	2,0	1,6
0,75	9,0	3,0	2,4	1,9
0,8	16,0	4,0	3,0	2,2
0,9	81,0	9,0	5,8	3,5

а также для обоснования боевого состава перспективных подразделений, частей и соединений, оценки боевого потенциала сторон.

3. Агрегированные функции в задачах охраны границы

Агрегированные функции в задачах охраны границы предназначены для обоснования рациональных плотностей пограничных сил и средств на уровне региона и выше. Агрегирование возможностей подразделений выполняется методами пограничной и математической статистики по результатам оперативно-служебной деятельности.

Функция задержания нарушителей. На основе анализа результатов охраны границы СССР в 1960-1980 гг. и охраны американо-мексиканской границы в 1980-2011 гг. получена [15] статистически значимая агрегированная функция задержания (отражающая зависимость вероятности задержания нарушителей границы от плотности ее охраны в регионе):

$$p_z = 1 - \exp(-\lambda x), \quad (10)$$

где: λ – параметр распределения; x – плотность охраны границы (количество личного состава подразделений охраны, включая резервы и обеспечивающие подразделения на 1 км границы).

Содержательно параметр λ отражает: 1) искусство руководителей применять пограничные силы и средства; 2) возможности типовых нарушителей границы; 3) физико-географические и иные условия.

В предположении, что вектор ошибок линейной регрессии распределен нормально с нулевым математическим ожиданием, значения параметра λ можно оценить методом наименьших квадратов. Результаты оценки показаны в табл. 2 [16].

Из (10) находим выражение для вычисления требуемой плотности X_r охраны границы:

$$X_r = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - P_r),$$

где P_r – требуемая вероятность задержания нарушителей границы.

Функция пограничного контроля. По данным о пересечении американо-мексиканской гра-

ницы¹ и сведениям о численности персонала построена зависимость пропускаемых через границу лиц и транспорта (в среднем за год) в автомобильных пунктах пропуска от численности персонала этих пунктов (рис. 2). Группировка выполнена по штатам. Данные о пропуске взяты за 2015–2019 гг.

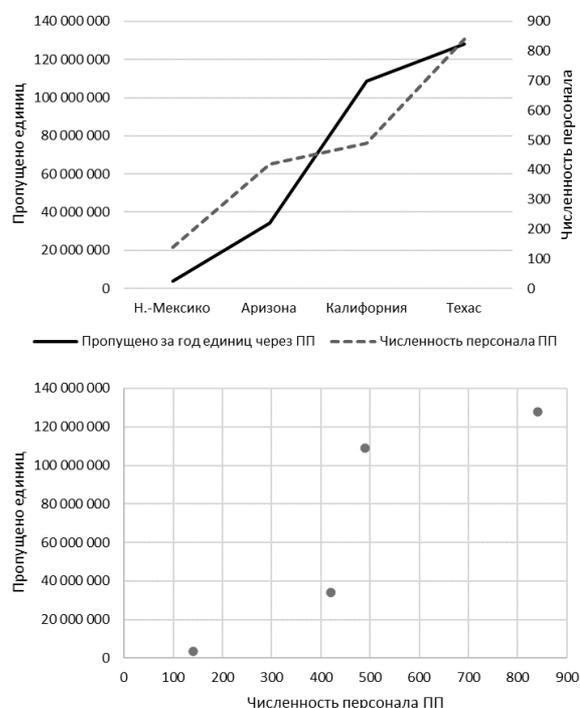


Рис. 2. Зависимость пропуска через границу лиц и транспортных средств от численности персонала в автомобильных пунктах пропуска

Коэффициент корреляции между двумя наборами данных равен 0,90. Характер зависимости пропускаемых через границу единиц от численности персонала в пунктах пропуска не изменится, если анализировать поток лиц и транспорта через границу не в среднем за год, а в месяц максимальной интенсивности движения (как правило, это июль).

Данные пограничной статистики дают основания предположить, что возможности по пропуску через границу лиц и транспортных средств у подчиняются линейному закону:

$$y = \begin{cases} k_r x, & x \geq x_0, \\ 0, & x < x_0, \end{cases} \quad (11)$$

где: k_r – коэффициент, отражающий технологические возможности пунктов пропуска, характер потока лиц и транспорта, действующие правила по их проверке; x_0 – минимально возможная штатная

¹ US Border Crossing Data. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/divyansh22/us-border-crossing-data> (дата обращения: 09.10.2024).

Табл. 2
Значения параметра функции задержания

Категория нарушителей	Неподготовленные нарушители	Подготовленные нелегальные мигранты	Подготовленные контрабандисты
Значение параметра λ	0,3-0,4	0,2-0,25	0,18-0,2

(фактическая) численность персонала в пункте пропуска; x – штатная (фактическая) численность персонала в пункте пропуска.

Таким образом, функция пограничного контроля в условиях действующих правил и технологии задает максимально возможный обслуживаемый поток лиц и грузов через границу (по видам пунктов пропуска) одной штатной единицей пункта пропуска. Функция пограничного контроля предназначена для решения двух задач. Во-первых, сравнение значений функции с фактически обслуживаемым потоком показывает степень загрузки пунктов пропуска, напряженность их работы. Во-вторых, функция пограничного контроля позволит более обоснованно и своевременно решать задачи перераспределения персонала между пунктами пропуска в условиях резких изменений обстановки.

Функции выбора субъектами альтернатив. Модели принятия решений (выбора альтернатив) основаны на использовании одного или нескольких критериев. Многокритериальной оценке альтернатив посвящены, в частности, работы [17–19]. В правоохранительной сфере широко применяется для расчета полезности u_1 незаконной деятельности преступника (экономического агента) модель Г. Беккера:

$$u_1 = (1 - p_z)u(s) + p_z u(s - r),$$

где: p_z – вероятность задержания и наказания преступника; s – прибыль от незаконной деятельности; r – денежная величина потерь в случае наказания; $u(\cdot)$ – функция полезности.

Выбор экономического агента прогнозируется путем сравнения полезностей двух альтернатив: полезности незаконной деятельности u_1 и полезности u_0 деятельности законной (с учетом его квалификации, состояния рынка и т. д.). В теории ограниченной рациональности рассчитывается вероятность выбора им той или иной альтернативы [20] и используется равновесие дискретного отклика [21].

Интересно отметить, что С. Камерон, сторонник теории ограниченной рациональности, фактически критикует Г. Беккера за неиспользование им представлений о вероятности: рациональный преступник учитывает не реальные данные о раскрываемости, а лишь доступную ему информацию. Если повышение раскрываемости остается преступниками незамеченным, то его сдерживающий эффект оказывается нулевым. В таком случае работа средств массовой информации может сама по себе, безотносительно к реальным успехам деятельности полиции, снизить преступность (если тиражируется информация об успехах в борьбе с преступностью)

или повысить ее (если СМИ громкогласно объявляют о беспомощности полиции) [22].

В условиях социально-информационных воздействий на потенциального преступника полезность u_1 его незаконной деятельности равна [16,23]:

$$u_1 = [1 - B(p_z)]D(s) + B(p_z)[D(s) - D(r)] = D(s) - B(p_z)D(r),$$

где $B(\cdot)$ – функция представления (восприятия) о субъективной или объективной вероятности; $D(\cdot)$ – функция представления (восприятия) о показателе интервального типа.

Рассуждая о неэкономических субъектах (террористах, диверсионных группах и т.д.), мы должны учитывать, что цели (вокруг которых и построена концепция рациональности) вторичны и подчинены ценностям [24].

Один из первых, кто смог дать количественную оценку влияния ценностей на человеческое поведение – это основоположник моделирования боевых действий М.П. Осипов. По результатам исследования крупнейших битв за столетний период им был сделан вывод: «победа зависит не от продолжительности боя, а главным образом от понесенных сторонами потерь; поэтому вернее будет считать, что бой длится до тех пор, пока потери одной из сторон не достигнут некоторого определенного %. Таким % в среднем можно считать 20%...» [25].

В последующем на основе данных военной статистики было установлено: во-первых, потери первого эшелона наступающей дивизии в 20-30% приводят к временной утрате боевой способности, во-вторых, обороняющиеся дивизии могут сохранять боеспособность при потерях до 40-60% [26,27].

Руководствуясь ценностями и только ими, индивид способен к самопожертвованию, к риску для жизни и здоровья, если он понимает, что его поступок, во-первых, имеет значительные шансы на успех, во-вторых, принесет пользу окружающим (товарищам, социальной группе, подразделению, стране и т. д.), см., например, раздел «Драма, переживаемая бойцом – борьба двух стремлений: «победить» и «уклониться от опасности»» в книге [28].

У субъекта с неэкономическими мотивами возникает проблема морального выбора (боевые действия, террористические атаки, борьба с терроризмом и т.д.) при наличии хотя бы двух альтернатив. Пусть A_1 – это альтернатива, связанная с выполнением морального долга, A_0 – это альтернатива, связанная с отказом от его выполнения. Пусть π_1 есть вероятность достижения альтернативы A_1 , а π_0 – пороговая вероятность, обусловленная, например, высокими издержками и действиями противника (правоохранительных структур). Субъект, обычно не обладая всей информацией о рисках и

издержках, вынужден полагаться на мнения окружающих, командиров, руководителей, тем самым сравнивая представления о вероятностях $B(\pi_1)$ и $B(\pi_0)$. Второе представление $B(\pi_0)$ зачастую имеет субъективный характер в том смысле, что сама вероятность π_0 субъективна и отражает индивидуальные особенности, которые известны только в среднем. Исходя из данных военной статистики, можно предположить, что $\pi_0 = 0,4-0,6$.

Тогда в соответствии с теорией дискретного выбора вероятность реализации альтернативы A_1 равна [20,23]:

$$s_1 = \frac{\exp(\theta)}{\exp(\theta B(\pi_0) / B(\pi_1)) + \exp(\theta)},$$

где θ – параметр, отражающий степень знания субъектом обстановки.

Модели выбора субъектами альтернатив используются, в частности, в задачах обеспечения пограничной безопасности [16].

4. Функция устойчивости (сохранения) государства

С понятием обороноспособности тесно связаны такие понятия, как «военная безопасность», «национальная мощь», «национальный потенциал», «национальная сила», «комплексная мощь государства» и др.

Показатели национального потенциала и геополитической мощи. Наиболее часто используемыми факторами национальной силы являются: территория, население, ВВП, промышленное производство, военные расходы, вооруженные силы, затраты на исследование и разработки, объем инвестиций, потребление энергии, производство зерна, производство стали и т.д. В большинстве случаев факторные веса в формулах оценивались экспертами.

Дж. Дэвид Сингер предложил использовать сводный индекс *CINC* национального потенциала, состоящий из шести компонентов, вычисляемых как значение по стране, деленное на значение по всем странам мира [29]:

$$CINC = \frac{TP + UR + IS + EC + ME + MP}{6},$$

где TP – коэффициент численности страны; UR – доля городского населения; IS – производство чугуна и стали; EC – потребление первичной энергии; ME – военные расходы; MP – численность армии.

По состоянию на 2007 г. рейтинг ведущих стран по *CINC* таков: 1) Китай, 2) США, 3) Индия, 4) Япония, 5) Россия, 6) Бразилия, 7) Германия. Авторами монографии [Баланс, 2021] сводный ин-

декс рассчитан по состоянию на 2018 г. В нем Россия занимает третье место.

Используя идею степенной производственной функции, М. Сулек предложил следующие выражения для расчета геополитической мощи P_g стран [30]:

$$P_g = \frac{P_e + 2P_m}{3}, P_e = G^\alpha L^\beta A^\gamma, P_m = M^\alpha S^\beta A^\gamma, (12)$$

где P_e – экономическая мощь; P_m – военная мощь; G – доля ВВП страны в мировом ВВП; L – доля численности населения страны от населения Земли; A – доля площади страны от площади всех стран; M – доля численности вооруженных сил; S – доля страны в мировом производстве стали; $\alpha = 0,65, \beta = 0,22, \gamma = 0,11$ – параметры степени.

Для оценки параметров использовалось утверждение Наполеона: моральный фактор соотносится с физическим как 3 к 1 (α / β). Значение параметра γ принято в два раза меньше значения β .

По состоянию на 2018 г. распределение стран по геополитической мощи таково: 1) США, 2) Китай, 3) Индия, 4) Россия, 5) Саудовская Аравия, 6) Япония, 7) Бразилия, 8) Франция, 9) Германия, 10) Великобритания. В качестве методической неточности модели (12) можно указать неверную оценку параметров степени. При значениях факторов (оснований степени), меньших 1, малые значения степени отражают больший вклад.

В условиях геополитической турбулентности и санкционного давления актуальной проблемой является исследование устойчивости государств к внешним ограничениям экономического характера. Е.В. Балацкий и Н.А. Екимова разработали **индекс антихрупкости** национальных экономик («антихрупкость – это способность системы сопротивляться воздействиям извне и в процессе этой борьбы реорганизовывать себя в сторону повышения функциональности по сравнению с изначальным уровнем» [31]):

$$J_k = \alpha I_k \sum_{i=1}^m u_i y_i x_{ik}, I_k = \frac{z_k}{\max z_k},$$

где α – калибровочный коэффициент; z_k – душевой ВВП k -й страны по паритету покупательной способности; x_{ik} – доля i -й отрасли в ВВП k -й страны; u_i – повышающий коэффициент значимости i -й отрасли; y_i – нормирующий коэффициент; m – число приоритетных отраслей.

К приоритетным отраслям отнесены: – аграрный сектор (включая сельское и лесное хозяйство, рыболовство), как базовый элемент экономического суверенитета;

- производство средств производства (орудий труда), обеспечивает необходимый минимум средств труда для последующей производственной деятельности;
- добыча полезных ископаемых (без энергоресурсов, сырья и материалов почти невозможно сопротивляться экономической блокаде);
- фармацевтика.

Можно согласиться с мнением авторов методики, что индекс антихрупкости может стать одним из индикаторов системы национальной безопасности на среднесрочный период (до 5-ти лет).

Комплексным показателем устойчивого развития стран, их безопасности и обороноспособности является функция безопасности. Для i -й страны она определена так [32]:

$$u_i = w_i q_i, \quad (13)$$

где: $w_i > 0$ – функция суверенности (развития) i -го государства, зависит от численности населения страны, площади ее территории и уровня социально-технологического развития; $0 \leq q_i \leq 1$ – функция устойчивости (сохранения) i -го государства.

Функция безопасности (13) соответствует постулату Аристотеля о невыводимости национальной безопасности из ее частных видов.

Функция сохранения государства и оценка ее параметров. Пусть z_i есть численность населения i -й страны (субъекта федерации, административно-экономического района, союза); z_{ij} – численность j -го этноса (национальности) в ней, причем

$$z_i = \sum_{j=1}^{n_i} z_{ij}, \quad \zeta_i = \max_{j=1, \dots, n_i} z_{ij},$$

где n_i – количество этносов в i -й стране; ζ_i – численность этносообразующего этноса.

В силу того, что государство является иерархической структурой, допустим, что социальные взаимодействия осуществляются только по линии этносообразующий этнос – другой этнос, а взаимодействиями между другими этносами можно пренебречь. Этносообразующий этнос характеризуется параметром $\delta_i > 0$ притяжения, отражающим способность этноса к объединению других этносов в единую общественную единицу. Каждый этнос i -й страны характеризуется параметром разнородности $\mu_{ij} \geq 1$ со этносообразующим этносом (для последнего положим $\mu_{ij} = 1$).

Используя распределение Парето, определим функцию сохранения i -й страны (региона) [32]:

$$q_i = \left(\frac{\zeta_i}{z_i} \right)^{\mu_i / \delta_i}, \quad \mu_i = \frac{1}{z_i} \sum_{j=1}^{n_i} \mu_{ij} z_{ij}. \quad (14)$$

Мы имеем функцию с двумя параметрами: ζ_i – параметр сдвига и δ_i / μ_i – параметр формы. Чем выше однородность населения, тем больше значение функции сохранения. Для разнородного (полиэтнического) региона комфортность проживания в нем определяется значением параметра формы: чем меньше отношение δ_i / μ_i , тем комфортнее проживание и тем меньше деструктивных действий, причинами которых выступают объективно существующие различия. Причем параметр μ_i отражает существующие различия, а параметр δ_i – способности и возможности по их смягчению.

Известны два способа количественной оценки различий между этносами (с точки зрения действий и активности).

Первый способ – анализ участия разных этносов в войнах и событиях, затрагивающих безопасность страны. Тогда значения параметра μ_{ij} равно:

$$\mu_{ij} = B_{Ci} / B_{Cj},$$

где: B_{Ci} – доля потерь от численности этносообразующего этноса i ; B_{Cj} – доля потерь от численности этноса j .

Второй способ – анализ долей смешанных браков между этносами. Результаты оценки различий между этносами можно найти в [32].

Помимо исследователей, безопасность проживания в тех или иных странах и регионах косвенно оценивается гражданами, мигрирующими в поисках лучших и безопасных условий жизни. По данным миграции выполнена оценка параметра притяжения этносообразующих этносов и получены следующие значения: Россия – 1,0–3,0; США – 1,0–2,1; Германия – 1,0–1,5; Казахстан – 0,7–1,3; Украина – 0,5–0,8.

Большие значения параметра сохранения ($\delta > 1$) отражают высокие возможности государствообразующего этноса по формированию устойчивых социально-политических институтов. Такие значения имели древние римляне, парфяне, китайцы, т.е. те народы, которые создавали империи и в течение веков поддерживали их эффективное функционирование. Малые значения параметра ($\delta < 0,5-0,6$) имеют народы, не сумевшие создать свою государственность (курды, сикхи, цыгане, уйгуры и др.).

Базовая модель безопасности (13) дает основания поставить в соответствие уровням деятельности количественные показатели (табл. 3).

На уровень безопасности оказывает влияние миграция. Как показывает история ряда стран, начиная с Западной Римской империи, неконтролируемая миграция может существенно изменить этнический состав населения страны, а в некоторых

Табл. 3
Уровни деятельности и показатели безопасности

Уровень	Типовой объект	Показатели безопасности
Культурный	Этнос, народ	Параметр притяжения (способность этноса создавать и поддерживать устойчивые национальные образования), параметр этнической разнородности
Политический	Государство, институт	Степень технологического фактора (способности государства по реализации социальных возможностей в действия)
Экономический	Организация, предприятие	ВВП на душу населения, индекс антихрупкости и др.
Социальный	Общество	Индекс социальных технологий, функция сохранения, темпы естественного роста населения

случаях – и к краху государства, межэтническим и социальным конфликтам.

Таким образом, функция сохранения устойчивости страны является важным элементом в оценке геополитического потенциала, обороноспособности, военной мощи и безопасности государств и народов.

Заключение

В статье на системном и содержательном уровнях исследован набор базовых функций, предназначенных для оценки возможностей сторон в моделях военных, боевых и специальных действий, охраны границы. Укажем их возможные области применения.

Во-первых, агрегированные функции конфликта и функция победы предназначены для обоснования замысла командиров и командующих (выбор направления главного удара и сосредоточения основных усилий, распределение сил и средств по задачам).

Во-вторых, функция задержания нарушителей, функция пограничного контроля и функции выбора субъектами альтернатив используются в задачах планирования охраны границы и оценки пограничного сдерживания.

В третьих, функция безопасности и функция устойчивости (сохранения) государств предназна-

чены для оценки геополитического потенциала стран и блоков (союзов) и их возможностей выдерживать кризисы, связанные с геополитической инверсией (сменой мирового лидера).

Литература

1. *Левевр В.А., Смолян Г.Л.* Алгебра конфликта. М.: URSS. 2022. 72 с.
2. *Павловский Ю.Н.* Имитационные системы и модели. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН. 2000. 144 с.
3. *Моисеев Н.Н.* Избранные труды в 2-х томах / Под ред. А. А. Петрова. М.: Тайдекс Ко, 2003. Т. 2. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. 264 с.
4. *Геловани В.А., Бритков В.Б., Дубовский С.В.* СССР и Россия в глобальной системе (1985-2030): Результаты глобального моделирования. М.: URSS. 2017. 320 с.
5. *Гвишиани Д.М.* Системный подход к исследованию глобальных проблем // Наука и человечество / Под ред. А. А. Логунова, А. П. Александрова, Н. Г. Басова и др. М.: Знание. 1984. С. 237–249.
6. *Tullock G.* The welfare costs of tariffs, monopoly and theft // *Western Economic Journal*. 1967. No. 5. P. 224-232.
7. *Luce R.D.* Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis. New York: Wiley. 1959. 176 p.
8. *Skaperdas S.* Contest success functions // *Economic Theory*. 1996. No. 7. P. 283–290.
9. *Jia H., Skaperdas S., Vaidya S.* Contest functions: Theoretical foundations and issues in estimation // *International Journal of Industrial Organization*. 2013. No. 31. P. 211–222.
10. *Richardson L.F.* Variation of the frequency of fatal quarrels with magnitude // *Journal of the American Statistical Association*. 1948. No. 43. P. 523–546.
11. *Clauset A., Wiegand F.W.* A generalized aggregation-disintegration model for the frequency of severe terrorist attacks // *Journal of Conflict Resolution*. 2010. No. 54(1). P. 179–197.
12. *Колмогоров А.Н.* Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценки эффективности системы стрельбы // *Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова*. 1945. Т. 12. С. 7–25.
13. *Шумов В.В.* Закон поражения целей и функция победы в бою (сражении, операции) // *Управление большими системами: сборник трудов*. 2024. Вып. 109. С. 21-40.

14. Шумов В.В. Учет морального фактора и технологических характеристик в моделях боя // Военная мысль. 2020. № 10 С. 82–99.
15. Гирник Е.С., Манилов А.Л., Шумов В.В. Пограничная статистика и ее применение для оценки уровня пограничной безопасности на внешних границах государств участников СНГ : монография / под общ. ред. В. В. Шумова. М.: КЖИ «Граница». 2022. 232 с.
16. Пограничная безопасность: монография / Под общ. ред. В.В. Шумова и с предисловием Н.И. Турко. М.: КЖИ «Граница». 2024. 424 с.
17. Ларичев О.И. Противоречивые свойства методов индивидуального выбора // Доклады Академии Наук. 2001. Т. 378, № 2. С. 168–172.
18. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь. 1981. 560 с.
19. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев // Автоматика и телемеханика. 1997. № 8. С. 3–35.
20. Sandor Z. Multinomial discrete choice models // Quantile. 2009. No. 7. P. 9-19.
21. Новиков Д.А. Ограниченная рациональность и управление // Математическая теория игр и ее приложения. 2022. Т. 14. Вып. 1. С. 49-84.
22. Cameron S. The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence // KYKLOS. 1988. Vol. 41. Fasc. 2. P. 301–323.
23. Шумов В.В. Анализ социально-информационного влияния на примере войн США в Корее, Вьетнаме и Ираке // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Том 6, № 1. С. 167-184.
24. Пригожин А.И. Качество целей // Общественные науки и современность. 2010. № 1. С. 114–125.
25. 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.
26. Триандафиллов В.К. Характер операций современных армий. 3-е изд. М.: Гос. воен. изд-во Наркомата обороны СССР. 1936. 259 с.
27. Цыгичко В.Н. Модели в системе принятия военно-стратегических решений в СССР. М.: Империиум Пресс. 2005. 96 с.
28. Головин Н.Н. Наука о войне. О социологическом изучении войны. Париж: издательство газеты «Сигнал». 1938. 241 с.
29. Баланс сил в ключевых регионах мира: концептуализация и прикладной анализ: монография / под ред. Д. А. Дегтерева, М. А. Никулина, М.С. Рамича. М.: РУДН. 2021. 319 с.
30. Sulek M. Measurement of national power a powermetric model // Przegląd Geopolityczny. 2020. № 32. P. 35-57.
31. Балацкий Е.В., Екимова Н.А. Антихрупкость национальной экономики: эвристическая оценка // Journal of New Economy. 2023. Т. 24. № 2. С. 28-49.
32. Шумов В.В. Национальная безопасность: моделирование и прогнозирование. М.: ЛЕ-НАНД. 2023. 138 с.

Шумов Владислав Вячеславович. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия. Профессор. Доктор технических наук. Область научных интересов: системный анализ, военная кибернетика, национальная, военная и пограничная безопасность. E-mail: v.v.shumov@yandex.ru

Basic functions in military, combat and special operations models

V.V. Shumov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

Abstract. From the point of view of system analysis and management there is a phase of preparation of military, combat and special actions, border protection, when the intentions of the enemy and the conditions of the situation are unclear, hidden. In these conditions it is possible to be guided only by the objective capabilities of the parties, the assessment of which is the subject of this article.

Keywords: *combat operations, special actions, border protection, aggregated functions, conflict functions, victory function, intruder apprehension function.*

DOI: 10.14357/20790279240412 **EDN:** VHJPNE

References

1. *Lefevr V.A., Smolyan G.L.* The algebra of conflict. M.: URSS. 2022. 72 p. (in Russ).
2. *Pavlovskij YU.N.* Simulation systems and models. M.: FAZIS, VC RAN. 2000. 144 p. (in Russ).
3. *Moiseev N.N.* Selected works in 2 volumes / Edited by A. A. Petrov. M.: Tajdeks Ko, 2003. T. 2. Interdisciplinary studies of global problems. Publicity and public problems. 264 p. (in Russ).
4. *Gelovani V.A., Britkov V.B., Dubovskij S.V.* USSR and Russia in the Global System (1985-2030): Results of global modeling. M.: URSS. 2017. 320 p. (in Russ).
5. *Gvishiani D.M.* System approach to the study of global problems // *Nauka i chelovechestvo / Pod red. A.A. Logunova, A.P. Aleksandrova, N.G. Basova i dr. M.: Znanie. 1984. P. 237–249.* (in Russ).
6. *Tullock G.* The welfare costs of tariffs, monopoly and theft. *Western Economic Journal.* 1967; 5:224–232.
7. *Luce R.D.* Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis. New York: Wiley. 1959. 176 p.
8. *Skaperdas S.* Contest success functions. *Economic Theory.* 1996; 7:283–290.
9. *Jia H., Skaperdas S., Vaidya S.* Contest functions: Theoretical foundations and issues in estimation. *International Journal of Industrial Organization.* 2013; 31:211–222.
10. *Richardson L.F.* Variation of the frequency of fatal quarrels with magnitude. *Journal of the American Statistical Association.* 1948; 43:523–546.
11. *Clauset A., Wiegand F.W.* A generalized aggregation-disintegration model for the frequency of severe terrorist attacks. *Journal of Conflict Resolution.* 2010; 54(1):179–197.
12. *Kolmogorov A.N.* Number of hits for multiple shots and general principles for evaluating the effectiveness of a firing system. *Tr. Matem. in-tim. V. A. Steklova.* 1945; 12:7–25 (In Russ).
13. *Shumov V.V.* The law of target engagement and the function of victory in combat (battle, operation). *Large-Scale Systems Control.* 2024; 109:21–40 (in Russ). doi: 10.25728/ubs.2024.109.2
14. *Shumov V.V.* Incorporating morale and technological characteristics into combat models. *Voennaya mysl'.* 2020; 10:82–99 (in Russ).
15. *Girnik E.S., Manilov A.L., Shumov V.V.* Border statistics and its application for assessing the level of border security at the external borders of CIS member states / *pod obshch. red. V.V. Shumova.* M.: KZHI «Granica». 2022. 232 p. (in Russ).
16. *Border Security / pod obshch. red. V.V. Shumova i s predisloviem N.I. Turko.* M.: KZHI «Granica», 2024. 424 s (in Russ).
17. *Larichev O.I.* Contradictory properties of individual choice methods // *Doklady Akademii Nauk.* 2001; 378 (2): 168–172. (in Russ).
18. *Kini R.L., Rajfa H.* Decision making under many criteria: preferences and substitutions. M.: Radio i svyaz'. 1981. 560 s. (in Russ).
19. *Anohin A.M., Glotov V.A., Pavel'ev V.V., Cherkashin A.M.* Methods of determination of the criteria importance coefficients // *Automation and Remote Control.* 1997; 8: 3–35. (in Russ).
20. *Sandor Z.* Multinomial discrete choice models. *Quantile.* 2009; 7:9–19.
21. *Novikov D.A.* Bounded rationality and governance // *Matematicheskaya teoriya igr i ee prilozheniya.* 2022; 14(1):49–84 (in Russ).
22. *Cameron S.* The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence. *KYKLOS.* 1988; 41(2):301–323.
23. *Shumov V.V.* Analyzing social and informational influence using the example of the U.S. wars in Korea, Vietnam and Iraq. *Computer Research and Modeling.* 2014; 6(1): 167–184 (in Russ). doi: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2014-6-1-167-184>

24. *Prigozhin A.I.* Quality of objectives. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'*. 2010; 1:114–125 (in Russ).
25. *Osipov M.P.* Influence of the number of fighting parties on their losses. *Voennyj sbornik*. 1915; 6:59–74; 7:25–36; 8:31–40; 9:25–37.
26. *Triandafillov V.K.* The nature of operations of modern armies. 3-e izd. M.: Gos. voen. izd-vo Narkomata oborony SSSR. 1936. 259 p.
27. *Cylichko V.N.* Models in the system of military-strategic decision-making in the USSR. M.: Imperium Press. 2005. 96 p.
28. *Golovin N.N.* The Science of War. On the sociological study of war. Parizh: izdatel'stvo gazety «Signal». 1938. 241 p.
29. Balance of Power in Key Regions of the World: Conceptualization and Applied Analysis / pod red. D. A. Degtereva, M. A. Nikulina, M. S. Ramicha. M.: RUDN. 2021. 319 p.
39. *Sulek M.* Measurement of national power – a powermetric model. *Przegląd Geopolityczny*. 2020; 32:35-57.
31. *Balackij E.V., Ekimova N.A.* Antifragility of the national economy: a heuristic assessment. *Journal of New Economy*. 2023; 24(2):28-49. doi: 10.29141/2658-5081-2023-24-2-2
32. *Shumov V.V.* National Security: Modeling and Forecasting. M.: LENAND. 2023. 138 p.

Shumov Vladislav Vyacheslavovich. V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Doctor of Technical Sciences, Professor. Research interests: system analysis, military cybernetics, national, military and border security. E-mail: v.v.shumov@yandex.ru