

УДК 519.876.2
ББК 32.81

МАТРИЦА МОДЕЛЕЙ ПОГРАНИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Шумов В. В.¹

(Отделение погранологии

Международной академии информатизации, Москва)

Сложность и многообразие реальных процессов в области пограничной безопасности предполагает использование комплекса моделей, выстроенных горизонтально (цепочки моделей, соответствующие этапам циклов деятельности) и вертикально (иерархии моделей), то есть матрицы моделей. В работе рассмотрены: краткая характеристика моделей пограничной безопасности, применение ланчестеровских моделей для оценки эффективности и оптимизации пограничных действий, а также теоретико-игровая модель информационного противоборства как частный случай игры полковника Блотто.

Ключевые слова: пограничная безопасность, охрана границы, ланчестеровские модели, модель информационного противоборства.

1. Введение

По оценке специалистов на рубеже XX и XXI веков главными угрозами человечеству стали не традиционные военные угрозы, а такие как партизанство, повстанчество, глобальный терроризм []. В этой связи резко возросла роль сил специальных операций []. «PR и СМИ играют решающую роль в победе, поскольку победа – это достижение политической задачи, а военная сила – только одно из средств» [, С. 27].

¹ Шумов Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, доцент (vshum59@yandex.ru)

В результате научно-технического прогресса человечество примерно в 1950-1970-е годы в основном решило проблему голода, одновременно вытеснив множество людей из традиционных областей производства [1, С. 39]. Это привело к росту миграции населения, увеличению трансграничных потоков лиц и товаров, появлению такого феномена, как трансграничная преступность. По мнению специалистов Rand Corporation система охраны границы является важнейшим фактором обеспечения безопасности государства в условиях действий трансграничных преступных и иных группировок, направленных на свержение существующего режима или дестабилизацию обстановки [2].

Появление новых форм достижения политических целей (эти цели могут включать дестабилизацию обстановки в ряде государств и иногда приводить к их краху) в дополнение к военным, возникновение новых границ (информационных и других) приводит к возникновению новых угроз и вызовов безопасности государств.

Важнейшим компонентом безопасности государства (союза государств) является пограничная безопасность (наряду с внутренней и внешней безопасностью).

Сложность реальных ситуаций на границе, их разнообразие, требуют универсальности применяемых математических моделей. Эти требования неизбежно приходят в противоречие с общностью и обоснованностью результатов моделирования, поэтому при решении реальных задач применяется комплекс моделей в виде иерархии (обычно более низким уровням иерархии соответствует более высокая степень детализации описания моделируемых систем) или горизонтальной цепочки, в каждом элементе которой степень детализации примерно одинакова [3]. Объединение двух подходов, иерархического и горизонтального (на основе циклов деятельности и управления), позволяет говорить о матричных моделях.

2. Уровни и цепочки моделирования пограничной безопасности

В таблице 1 представлены уровни моделирования (иерархии моделей) пограничной безопасности [;].

Табл. 1. Уровни моделирования пограничной безопасности

Моделируемые явления (процессы)	Задачи моделирования
<i>1. Физико-географический уровень</i>	
Использование геоинформационных, метеорологических, гидрологических и океанологических данных, характеризующих участок границы (район ИЭЗ ¹), промышленную обстановку и определяющих параметры движения и возможности нарушителя и пограничных средств	Построение маршрутов и сетей движения нарушителей и пограничных средств, маршрутов миграции животных, определение непроходимых (неиспользуемых) участков и районов, расчет временных параметров движения для различных условий, выбор мест возможной установки пограничных средств, расчет зон видимости, определение вероятных районов добычи сельскохозяйственных, аква- и других продуктов и др.
<i>2. Инженерно-технический уровень</i>	
Учет степени оборудования местности в инженерном и инженерно-техническом отношении	Оптимизация маршрутов и сетей движения (затруднение действий нарушителей и повышение оперативности действий пограничных сил и средств), расширение зон видимости, построение сети (графа) позиций пограничных средств и др.
<i>3. Физико-технический уровень</i>	
Учет используемых физических полей для обнаружения, технических характеристик пограничных средств и средств нарушителей	Построение частных зон обнаружения и распознавания по конкретным целям с учетом внешних условий и для различных возможных средств и позиций (мест установки)
<i>4. Информационно-технический уровень</i>	
Возможности по обмену информацией как между нарушителями, так и между элементами пограничной системы,	Построение и оптимизация сетей информационного обмена, разведка и защита сетей. Построение сети информирующих средств

¹ ИЭЗ – исключительная экономическая зона.

Моделируемые явления (процессы)	Задачи моделирования
возможности по наведению средств на нарушителя. Учет используемых информирующих средств.	
<i>5. Системно-технический уровень</i>	
Объединение разнородных технических средств в единую пограничную техническую систему	Расчет надежности системы, построение и оптимизация единой системы контроля обстановки (поля обнаружения, распознавания, наведения и воздействия штатных и приданных средств)
<i>6. Социо-технический уровень</i>	
Анализ системы «человек-машина» с точки зрения выполнения ею тактических задач, создание системы улучшений существующих средств и системы эксплуатации	Расчет готовности системы, обоснование системы эксплуатации и сопровождения; обоснование требований к рабочим местам (местам несения службы); оптимизация системы контроля несения службы и др.
<i>7. Операционный уровень</i>	
Реализация действий: порядок и правила несения службы, маскировки, преследования, уклонения и т.д.	Оптимизация действий одиночных и групповых пограничных средств (поиск, обнаружение, преследование, задержание), обеспечение собственной безопасности и др.
<i>8. Tактический уровень</i>	
Пограничный менеджмент и режимные мероприятия – борьба с угрозами низшего уровня. Выбор оптимальных действий нарушителями и пограничной системой, мест и времени несения службы и т.д. Планирование охраны границы на участке подразделения (части)	Моделирование охраны границы (района ИЭЗ) подразделениями на период. Построение и оптимизация зон своевременного обнаружения и сопровождения нарушителей. Моделирование и оптимизация действий подразделения (части) по обстановке, моделирование взаимодействия с другими силами и средствами
<i>9. Оперативно-тактический уровень</i>	
Борьба с угрозами среднего уровня. Организация охраны границы. Участие в защите границы	Оценка угроз, связанных с трансграничной преступностью (нелегальная миграция, контрабанда, терроризм и др.). Моделирование и оптимизация действий в пограничных конфликтах, пограничных и специальных операциях. Моделирование барьерной и

Моделируемые явления (процессы)	Задачи моделирования
	контактной функции границ. Моделирование функций пограничной политики: сдерживания, интегрирования информации и информационного управления
<i>10. Оперативный уровень</i>	
Борьба с угрозами высокого уровня. Защита и охрана границы	Оценка угроз, связанных с проявлениями национального и религиозного экстремизма, этнического и регионального сепаратизма, действиями специальных и иных групп других государств. Моделирование действий разнородных и разноведомственных сил и средств по защите и охране границы. Моделирование построения системы защиты и охраны границы и морских пространств. Моделирование профилактической (предупредительной) функции пограничной политики.
<i>11. Оперативно-стратегический уровень</i>	
Борьба с угрозами высшего уровня. Организация защиты и охраны границы	Оценка угроз, связанных с вооруженными конфликтами и территориальными притязаниями. Оптимизация построения системы защиты и охраны границы; функций границ и пограничной политики; тактических комплектов пограничных сил и средств. Моделирование обеспечения пограничной политики. Моделирование пограничного проектного цикла (делимитация и демаркация границы, установление режима, охрана пограничных пространств)
<i>12. Стратегический уровень</i>	
Проектирование пограничной безопасности. Обоснование мер, направленных на предотвращение кризисов и конфликтов в пограничном пространстве. Развитие когнитивных возможностей	Оценка систем, факторов и процессов, способных породить угрозы пограничной безопасности. Моделирование и оптимизация функций пограничной политики применительно к прогнозируемым

Моделируемые явления (процессы)	Задачи моделирования
руководителей по принятию решений и реализации функций пограничной политики	угрозам, политическому и социально-экономическому состоянию государства. Моделирование адаптации пограничных систем. Оптимизация системы обеспечения пограничной политики
<i>13. Уровень целеполагания</i>	
Проектирование пограничной политики. Выбор целей, проектирование механизмов пограничных воздействий и механизмов функционирования, формулирование пограничной политики и принципов пограничной безопасности	Моделирование развития пограничных систем

На первых шести уровнях моделирования используются такие теории и методы, как: математический анализ, теория графов, геодезия, океанология, метеорология, теория промыслового рыболовства, теория радиолокации, системотехника, теория вероятностей и математическая статистика, теория надежности, теория массового обслуживания и др.

Эти уровни являются подготовительными для перехода к операционному и тактическому моделированию. На операционном уровне моделируется применение по назначению следующих пограничных средств [;]:

- информирующие средства (знаки, указатели и т.д.; в моделях нормативно задается их наличие);
- заградительные средства;
- средства воздействия на нарушителей;
- контролирующие средства (контрольно-следовые полосы, дозоры);
- средства сигнализации;
- средства наблюдения;
- средства освещения [];
- поисковые средства;
- средства прикрытия (блокирования);

- средства задержания и др.

Для моделирования применения пограничных средств используются методы теории поиска, теории вероятностей, оптимального управления, теории игр, теории массового обслуживания и др. В частности, моделированию действий дозоров (включая БПЛА¹) посвящены следующие работы [; ;]. Основная цель моделирования – переход от технических характеристик средств к их тактическим возможностям и выбор оптимального способа действий. Например, пограничные службы ряда государств сталкиваются с проблемой действий пограничных патрулей по сигналам ложных тревог, поступающих от средств сигнализации []. Данная проблема связана с тем, что основными техническими характеристиками данных средств являются вероятность p_{ck} правильного обнаружения и интенсивность сигналов ложных тревог λ . При повышении первого показателя вырастает и значение второго. Переход к единому тактическому показателю: вероятности p_d своевременных и качественных действий по сигналу тревоги, – выполняется с использованием методов теории массового обслуживания (одноканальная система с ограниченным временем ожидания) []:

$$(1) \quad p_d = p_{ck}(1 - p_0), \quad p_0 = \begin{cases} \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau}, & \mu > \lambda, \\ 1, & \mu \leq \lambda, \end{cases}$$

где $\mu = 1 / t_{\text{од}}$ – интенсивность обслуживания заявки, $t_{\text{од}}$ – среднее эффективное время действий по сигналу тревоги (зависит от способов формирования поисковой группы и заслона).

Начиная с тактического уровня можно говорить об использовании матричного подхода – в дополнение к иерархии моделей рассматриваются наборы «горизонтальных» подмоделей, отражающие те или иные этапы циклов деятельности и управления (табл. 2).

¹ БПЛА – беспилотный летательный аппарат.

Табл. 2. Цепочки моделирования пограничной безопасности

Название цикла	Этапы цикла (цепочки моделирования)
<i>1. Универсальные циклы</i>	
Дж. Бойда, OODA	Observe (наблюдай) – Orient (ориентируйся) – Decide (решай) – Act (действуй) []
А. Файоля	Планирование – Организация – Стимулирование (мотивация) – Контроль []
<i>2. Специализированные циклы</i>	
Войны, спецоперации	Moral warfare (разрушение воли противника) – Mental warfare (искажение восприятия реальности) – Physical warfare (традиционные военные действия)
Информационного воздействия Дж. Брауна	Привлечение внимания и создание интереса – Эмоциональная стимуляция – Демонстрация способа снятия созданного напряжения []
Борьбы с терроризмом	Planning – планирование, Prevention – предотвращение, Response – реагирование, Recovery – восстановление []
Проектный погранологии в	Делимитация границы – Демаркация границы – Установление режима границы – Охрана и защита границы
Тактический пограничный	Планирование – Обнаружение – Распознавание – Наведение – Задержание – Конвоирование – Опрос [;]
Специальной операции по задержанию преступников	Сбор информации – Режимные действия – Нейтрализация []
Преступного поведения	Формирование мотивации – Принятие решения, планирование – Исполнение решения – Посткриминальное поведение []

Не все этапы перечисленных и других циклов обеспечения безопасности поддаются строгой формализации. Например, специалистами по безопасности отмечается, что предупреждение террористических актов не может выступать в качестве критерия эффективности мер безопасности в силу сложности оценки. Количественно оцениваться должны следующие цели: сдерживание террористических актов, обнаружение террористов, создание трудностей для террористических атак (сделать их невыгодными) []. Еще сложнее обстоит ситуация с формализацией специальной операции (комплекса мер), состоящей из нескольких качественно разнородных этапов.

Вместе с тем, поиск оптимального (рационального) соотношения выделяемых ресурсов на отдельные этапы возможен, например, с использованием механизма «затраты-эффект» [], являющимся развитием идеи «эффективность-стоимость» применительно к ситуации с неполной информацией или к слабо формализуемым задачам.

После событий 11 сентября 2001 года в США был организован Департамент внутренней безопасности (DHS) и отчасти благодаря его усилиям стали появляться специальные исследования, в названиях которых заложен предмет пограничной (национальной) безопасности: Border Searches [], Effectiveness of Border Security [], Border games, Security games [;], Border Management [] и так далее.

Борьба с терроризмом является важнейшей задачей внутренней и пограничной безопасности США и, в частности, классификация моделей борьбы с терроризмом и обзор наиболее актуальных работ в этой области представлен в статье «A Survey of Operations Research Models and Applications in Homeland Security» [] (классифицированы и сгруппированы в матрицу более 60-ти работ).

Переход от тактического к более высоким уровням моделирования сопровождается:

- устранением неопределенностей, связанных с разнообразием социально-политических и природных условий с использованием критерия гарантированного результата или погранометрического [];
- моделированием функций границ и пограничной политики (контактной, барьерной, сдерживания и др.) [; ; ;];
- изменением уровней угроз и связанных с ними критериев; расширением списка решаемых задач и необходимостью учета межведомственного взаимодействия и т.д.

В частности, при моделировании функции пограничного сдерживания¹ [] пограничные подразделения представлены производственными функциями [], анализ нарушителями альтернатив выполняется с учетом функций полезности [;],

¹ Сдерживание – состояние ума, связанное с угрозой ответных действий.

теории перспектив [;] и теории дискретного выбора [; ;], моделей коррупции []. Критерием, характеризующим пограничное сдерживание, является предотвращенный ущерб общественному благосостоянию за вычетом расходов на обеспечение пограничной безопасности, подлежащий максимизации. Поиск оптимального распределения ресурсов между участками границы и пунктами пропуска выполняется с использованием равновесия Нэша или Штакельбарга.

С содержательной точки зрения методологической основой моделирования межведомственного взаимодействия по борьбе с трансграничной преступностью является теория оперативно-розыскной деятельности []. Пример модели оптимизации расходов между несколькими ведомствами является работа «Анализ национальной безопасности США – мексиканская граница» [], в которой рассмотрена теоретико-игровая модель, учитывающая действия пограничной охраны на сухопутных участках границы вне пунктов пропуска и действия служб по контролю нелегальной миграции. Работа интересна тем, что на основе статистических данных о действиях правонарушителей и пограничной службы найдены статистические оценки всех параметров модели.

Модель включает в себя следующие подмодели:

- *подмодель выбора* – агенты (потенциальные нарушители границы) принимают решение о выборе альтернативы (нарушить границу или нет) исходя из максимизации ожидаемой полезности в условиях ограниченной рациональности. Авторами использовалась логит-модель, для которой они методом максимального правдоподобия нашли оценку параметра (степени рациональности агентов);
- *подмодель задержания* рассматривается как иерархическая игра, в которой первый шаг делает Правительство США, размещая некоторым образом силы и средства на границе. Подмодель позволяет учесть тактику действий правительства, которая заключается в следующем: правительство будет перераспределять пограничные патрули на те участки, где недавно зафиксированы

нарушения; в свою очередь нарушители будут уходить на менее охраняемые участки границы;

- *подмодель выдворения* задержанных нарушителей рассматривается как система массового обслуживания. Заявками системы являются задержанные нарушители или лица, получившие судебное предписание о выдворении (среди таковых только 13% реально выдворяются за пределы США);
- *подмодель рынка нелегального труда* основана на использовании производственной функции Кобба-Дугласа с двумя факторами (неквалифицированные рабочие и капитал).

Наряду с функциями пограничной политики в погранологии рассматриваются следующие уровни пограничной безопасности [;] (в зависимости от уровня угроз):

- пограничный менеджмент (Border Management);
- охрана границы (Border Control);
- защита границы (Border Safety);
- безопасность границы (Border Security).

В разных странах трактовка уровней пограничной безопасности различна. Как вариант, возможна следующая []. Низший уровень (пограничный менеджмент) – это деятельность пограничных нарядов (патрулей) и подразделений по обеспечению режима границы, пограничного режима, режима в пунктах пропуска, режима исключительной экономической зоны и континентального шельфа. Охрана границы – это деятельность пограничных формирований, направленная на борьбу с трансграничной преступностью и пограничными конфликтами во взаимодействии с другими службами. Защита границы – это деятельность ведомств, организуемая Правительством, направленная на обеспечение неприкосновенности границ. Безопасность границы – это деятельность общественных, специальных и информационных служб, направленная на профилактику и предупреждение трансграничной преступности, как в пограничном пространстве, так и вне него.

3. Ланчестеровские модели

Для моделирования боевых действий применяются ланчестеровские модели¹, использующие аппарат дифференциальных уравнений для описания численности войск, участвующих в конфликте [].

Пусть имеется две стороны, участвующие в боевых действиях. Обозначим через $x(t)$ ($y(t)$) численность войск первой (второй) стороны в момент времени $t > 0$, численности в нулевой момент времени – x_0 и y_0 соответственно. Исключив из рассмотрения операционные потери (пропорциональные численности своих войск) и ввод (вывод) резервов, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$(2) \quad \dot{x}(t) = -by(t), \quad \dot{y}(t) = -cx(t),$$

где $\dot{x}(t) = dx/dt$, $\dot{y}(t) = dy/dt$; b и c – положительные константы (коэффициенты боевой эффективности).

Как известно, решением системы (2) является так называемая квадратичная модель динамики численности войск:

$$(3) \quad b(y^2(t) - y_0^2) = c(x^2(t) - x_0^2).$$

Обычно проигравшей признается та сторона, чья численность войск первая обратится в ноль. Если $by_0^2 > cx_0^2$, то побеждает вторая сторона, при $by_0^2 < cx_0^2$ побеждает первая. Условие «равенства сил» имеет вид []:

$$(4) \quad y_0 = x_0 \sqrt{c/b}.$$

Отметим некоторую условность выражений типа (4), которые не учитывают известного факта, что существует определенный критический процент потерь, при которых сторона отказывается от продолжения боя [; ;].

Головин Н.Н. отмечает, что важнейшим фактором победы войска в бою является процент «кровавых» потерь (потери ранеными и убитыми), при котором войско все еще не

¹ В 1916 году английский математик Фредерик Уильям Ланчестер предложил систему из двух однородных дифференциальных уравнений для моделирования воздушного боя. За год до него подобную модель опубликовал русский математик М.П. Осипов.

утрачивает боеспособность (моральный дух). «... можно установить, что для сражений второй половины XVIII и всего XIX века пределом наибольшей, моральной упругости войск, после которого они не способны уже к победе, являются кровавые потери в 25%. ... Моральный эффект равного процента потерь для каждого из сражающихся далеко не одинаков. Те же размеры потерь подавляют дух одного и вызывают более быстрый процесс морального разложения нежели у другого, а тогда, этот другой и становится победителем...» [С. 164-165]. Относительно низкий пороговый процент потерь фактически является сдерживающим фактором, не позволяющим достичь победы над более сильным в моральном отношении противником.

Обозначим $0 < \alpha < 1$ ($0 < \beta < 1$) показатель боевого духа (выдерживаемый процент кровавых потерь) первой (второй) стороны. Тогда, полагая $x(t) = (1 - \alpha)x_0$ и $y(t) = (1 - \beta)y_0$, из выражения (3) найдем условие равенства сил сторон с учетом их боевого духа:

$$(5) \quad y_0 = x_0 \sqrt{\frac{c((1 - \alpha)^2 - 1)}{b((1 - \beta)^2 - 1)}}.$$

Из условия (3) получим следующее выражение численности войск первой стороны, оставшейся после победы над противником (без учета боевого духа сторон) []:

$$(6) \quad x(x_0, y_0) = \sqrt{x_0^2 - \gamma y_0^2},$$

где $\gamma = b / c$ – отношение коэффициентов боевой эффективности соответственно второй и первой сторон в модели (2).

Пусть $\gamma < 1$ и $x_0 < y_0 \sqrt{\gamma}$, то есть первая сторона более эффективна, но обладает начальной численностью войск, недостаточной для того, чтобы одержать победу над второй стороной при вводе ими в действие одновременно всех своих сил.

Предположим, что имеется n участков, по которым вторая сторона уже распределила свои силы. Обозначим через $y_i \geq 0$ численность войск второй стороны на i -м участке, $i = 1, \dots, n$,

$\sum_{i=1}^n y_i = y_0$. Пусть первая сторона, используя все имеющиеся у

нее на текущий момент силы, может последовательно сражаться на различных участках. Победа первой стороны в рамках модели (6) возможна в случае, когда []:

$$(7) \quad x_0 \geq \sqrt{\gamma \sum_{k=1}^n y_k^2}.$$

Так как сумма квадратов неотрицательных чисел не превышает квадрата их суммы, то из (7) следует, что первой стороне в рассматриваемой модели всегда выгодно дробление войск противника по направлениям (участкам) – их равномерное распределение между n участками снижает их «эффективную численность» в \sqrt{n} раз [].

С учетом боевого духа сторон получим следующее выражение численности войск первой стороны, оставшейся после победы над противником (при $y(t) = (1 - \beta)y_0$):

$$(8) \quad x(x_0, y_0) = \sqrt{x_0^2((1 - \beta)^2 - 1) + x_0^2 + (1 - \alpha)x_0}.$$

Если дробление войск по направлениям и времени зачастую приводит к снижению их эффективной численности, то дробление по задачам вносит разнообразие в ход и исход сражений, и в ряде случаев способствует достижению победы в военных компаниях (партизанские действия в Отечественной войне 1812 г., огневой вал в Брусиловском прорыве 1916 г.). По оценке И.Г. Стариноа американцы 30 % живой силы и 70 % техники потеряли в Южном Вьетнаме, не вступая в бой. Этот результат достигнут благодаря именно умелому применению партизанской диверсионной деятельности [].

Классическое определение партизанской войны дано Денисом Давыдовым: «Партизанская война состоит ни из весьма мелких, ни первостепенных предприятий, ибо занимается не сожжением одного или двух амбаров, не сорванием пикетов и не нанесением прямых ударов главным силам неприятеля. Она объедает и пересекает все протяжение путей, от тыла противной армии до того пространства земли, которое определено на снабжение ее войсками, пропитанием и

зарядами, через это, заграждая течение источника ее сил и существования, она подвергает ее ударам своей армии обесиленную, голодную, безоруженную и лишенную спасительных уз подчиненности. Вот партизанская война в полном смысле слова» [1, С. 292]. По И.Г. Старининову это определение остается верным против агрессора и в современных войнах без применения средств массового поражения [2]. Таким образом, если коммуникации наступающего противника растянуты, то нанесение точечных ударов по ним может привести к тому, что в ряде случаев соотношение боевых эффективностей сторон может измениться в пользу обороняющейся стороны.

С 1960-1970-х годов ланчестеровские модели стали применяться для моделирования процессов охраны границы и борьбы с повстанцами [3].

На рис. 1 показана условная схема региона повстанческой активности [4].

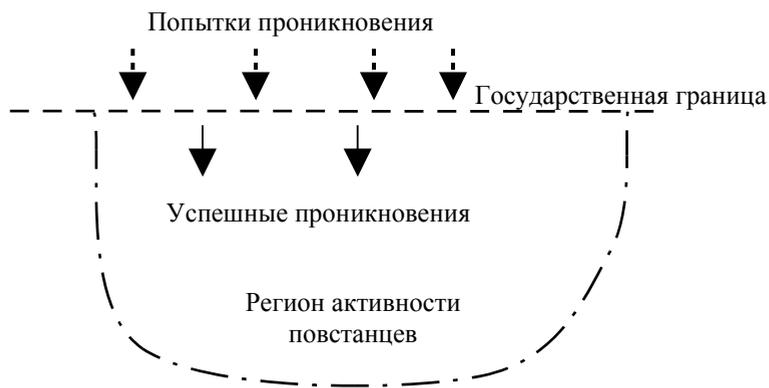


Рис. 1. Условная схема региона повстанческой активности

В любой момент времени $t > 0$ количество $N(t)$ повстанцев в регионе равно их начальному количеству N_0 в момент времени $t = 0$, плюс количество повстанцев $S(t)$, успешно преодолевших границу, плюс количество повстанцев $R(t)$, набранных

действующими повстанцами среди местного населения, минус их количество $K(t)$, выбывшее по тем или иным причинам.

Ситуация в некоторый момент времени $t > 0$ может быть описана следующими дифференциальными уравнениями []:

$$(9) \quad \dot{N}(t) = S(t) + \dot{R}(t) - \dot{K}(t),$$

$$(10) \quad \dot{S}(t) = (1 - E)\dot{T}(t),$$

$$(11) \quad \dot{R}(t) = \rho N(t),$$

$$(12) \quad \dot{K}(t) = \gamma N(t),$$

где: $\dot{N}(t) = dN/dt$, $\dot{S}(t) = dS/dt$, $\dot{R}(t) = dR/dt$,
 $\dot{K}(t) = dK/dt$, $\dot{T}(t) = dT/dt$;

$T(t)$ – количество повстанцев, пытавшихся нарушить границу к моменту времени t ;

E – эффективность системы пограничной безопасности (вероятность задержания повстанцев на границе);

ρ – коэффициент, характеризующий эффективность рекрутинга новых повстанцев в регионе;

γ – коэффициент, характеризующий эффективность нейтрализации повстанцев в регионе.

Заметим, что уравнение $\dot{K}(t) = \gamma N(t)$ относится к классу моделей истощения. Параметр γ может зависеть только от численности $M(t)$ местного населения в регионе ($\gamma = \nu M(t)$) или от численности повстанцев и местного населения: $\gamma = \nu N(t)M(t)$.

Подставив выражения (10-12) в (9), получим []:

$$(13) \quad \dot{N}(t) = (1 - E)\dot{T}(t) - (\gamma - \rho)N(t).$$

Из выражения (13) можно получить семейство уравнений, если во все переменные ввести индексы i , отражающие конкретный тип повстанцев (вооруженные террористы, представители спецслужб иностранных государств, контрабандисты и др.), социально-политические и другие характеристики участков границы и т.д.

При постоянной интенсивности попыток нарушения границы $dT/dt = \mu$ и интенсивности задержаний $dS/dt = \sigma = (1 - E)\mu$ имеем следующие решения задачи (13) []:

- количество повстанцев в регионе в момент времени t :

$$(14) \quad N(t) = \frac{\sigma}{\gamma - \rho} - \left(\frac{\sigma}{\gamma - \rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma - \rho)t};$$

- количество повстанцев, успешно пересекших границу к моменту времени t :

$$(15) \quad S(t) = \sigma;$$

- количество повстанцев, пытавшихся пересечь границу к моменту времени t :

$$(16) \quad T(t) = \frac{S(t)}{1-E};$$

- количество повстанцев, рекрутированных в регионе к моменту времени t :

$$(17) \quad R(t) = \frac{\rho}{\gamma-\rho} \left(N_0 + \sigma - \frac{\sigma}{\gamma-\rho} + \left(\frac{\sigma}{\gamma-\rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma-\rho)t} \right);$$

- количество повстанцев, нейтрализованных в регионе к моменту времени t :

$$(18) \quad K(t) = \frac{\gamma}{\gamma-\rho} \left(N_0 + \sigma - \frac{\sigma}{\gamma-\rho} + \left(\frac{\sigma}{\gamma-\rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma-\rho)t} \right).$$

Условие, при котором численность повстанцев в регионе постоянна []:

$$(19) \quad \sigma = (\gamma - \rho) N_0.$$

Если $\sigma > (\gamma - \rho) N_0$, то численность повстанцев растет, при $\sigma < (\gamma - \rho) N_0$ – убывает.

Г. Шиллингом рассмотрен ряд возможных стратегий повстанцев. В частности, для стратегии повстанцев, заключающейся в поддержании на постоянном уровне их численности в регионе, имеем:

$$\dot{N}(t) = 0; \quad N(t) = N_0; \quad (1-E)\dot{T}(t) - (\gamma-\rho)N(t) = 0;$$

$$\dot{S}(t) = (\gamma-\rho)N_0 \equiv \sigma; \quad \dot{T}(t) = \frac{\gamma-\rho}{1-E} N_0 \equiv \mu.$$

Следовательно, интенсивность попыток нарушений границы должна быть равна:

$$\mu = \frac{\gamma-\rho}{1-E} N_0.$$

Кроме того, руководители повстанческих группировок могут попытаться «настроить» интенсивность вербовки новых повстанцев в районе:

$$\rho = \gamma - \frac{\sigma}{N_0}.$$

Ряд работ посвящен подбору параметров моделей ланчестеровского типа [; ;].

При моделировании пограничной безопасности ланчестеровские модели могут применяться, начиная с 9-го (оперативно-тактического уровня). При этом оценка параметров моделей выполняется на предыдущих уровнях моделирования.

4. Теоретико-игровая модель информационного противоборства

Важнейший принцип борьбы с преступностью – примат предупредительной деятельности над правоохранительной []. По А. Маслоу безопасность является базовой, первичной человеческой потребностью []. Когнитивные возможности человека служат удовлетворению его базовых потребностей, именно они являются источником неиссякаемого любопытства, потребности в информации и стремления к познанию. Поэтому предупредительная, профилактическая деятельность в значительной степени зависит от умения государства и общества формировать установки, направленные на развитие и укрепление общественного благосостояния. Так, по определению С.В. Голунова пограничная безопасность есть элемент национальной безопасности – приемлемое для правящей элиты и общественного мнения соответствующей страны состояние защищенности пределов ее территории от опасных трансграничных потоков и условий, как правило, подразумевающих серьезное нарушение территориальной целостности государства и установленного пограничного режима [].

Предупредительная деятельность проводится обычно среди законопослушных граждан и именно на них направлены информационные воздействия как со стороны государства, так и со стороны организаторов преступных групп и организаций других государств. В соответствии с концепцией Д. Бойда [] войны и спецоперации в современную информационную эпоху

включают три этапа: Moral warfare (разрушение воли противника к достижению победы); Mental warfare (искажение восприятия противником реальности) и Physical warfare (традиционные военные действия).

С точки зрения моделирования информационные воздействия со стороны центра (пограничного ведомства – игрок A , специальной службы иностранного государства, организаторов трансграничной преступности – игрок B) направлены на:

- изменение мнений агентов (представлений о среде);
- переориентацию агентов с краткосрочных целей на долгосрочные (или наоборот);
- изменение целевых функций агентов (не максимизация полезности, а культурная образованность и др.).

Обозначим $\Theta_i = (\Theta_{1i}, \Theta_{2i})$, $\Theta_{1i}, \Theta_{2i} \in \mathfrak{X}$, $\Theta_{1i} < \Theta_{2i}$ – ограниченное непрерывное множество значений, которое может принимать мнение агента о i -м параметре (параметр, характеризующий состояние природы или зависящий от состояния природы и действий субъектов), $i = 1, \dots, P_1$. Множество значений Θ_i может иметь вероятностную (известна плотность распределения) или интервальную (плотность распределения не существует) природу. Без ограничения общности можно считать, что $\Theta_i = [0; 1]$, чего легко добиться масштабированием и линейным сдвигом.

Ориентация на краткосрочные (долгосрочные) цели предполагает наличие определенного временного горизонта (полгода, год, десятилетия), для которого агентом рассчитываются выгоды и издержки. Формально указанная ориентация может быть охарактеризована набором $\Theta_i = [0; 1]$, $i = P_1+1, \dots, P_2$, где 0 означает значение параметра, принимаемого в расчет при ориентации на краткосрочные (долгосрочные) цели, 1 – значение параметра, на которое ориентируются при долгосрочном (краткосрочном) планировании.

При принятии решения агент оперирует вектором целей, которым соответствуют целевые функции Φ_i , $i = P_2+1, \dots, P_3$. В качестве целей могут выступать, например, следующие: максимизация полезности, снижение транзакционных издержек,

сохранение здоровья, стремление добиться успеха и т.д. Пусть $\Theta_i = (0, 1)$ есть важность i -й цели.

Предположим, что задача игрока A заключается в изменении мнений агентов в сторону увеличения их значений, а игрока B – в сторону уменьшения. Например, игроку A желательно добиваться, чтобы представление $B_A(p_z)$ [] о вероятности p_z задержания и наказания было не менее этой вероятности: $B_A(p_z) \geq p_z$. Вместе с тем, желательно обеспечить, чтобы представление $B_A(p_0)$ о пороговой вероятности [] было не более этой вероятности: $B_A(p_0) \leq p_0$. По параметрам θ'_i , $\tau \in P$, мнения о которых игроку A целесообразно уменьшать, выполним преобразования $\theta_i = 1 - \theta'_i$. Тогда формально задача игрока A будет заключаться в изменении мнений агентов в сторону увеличения значений, а игрока B – в сторону уменьшения:

$$\begin{aligned} B_A(\theta) &= \theta_i + u_i, \quad 0 \leq (\theta_i + u_i) \leq 1, \quad i \in P, \quad u_i \geq 0, \\ B_B(\theta) &= \theta_i - v_i, \quad 0 \leq (\theta_i - v_i) \leq 1, \quad i \in P, \quad v_i \geq 0, \\ P &= \{1, 2, \dots, P_3\} \end{aligned}$$

Пусть $C_{Ai} \geq 0$ ($C_{Bi} \geq 0$) – ценность параметра i ($i \in P$) для игрока A (B); R_A (R_B) – ресурсы игрока A (B). Обозначим x_i – распределение ресурсов игрока A по параметрам, причем:

$$(20) \quad \sum_{i \in P} x_i = R_A, \quad x_p \geq 0;$$

y_p – распределение ресурсов игрока B по параметрам, причем:

$$(21) \quad \sum_{i \in P} y_i = R_B, \quad y_p \geq 0.$$

А. Снайдер, выпустивший книгу «Бойцы дезинформации», приводит примеры работы не только против стран Варшавского договора, но и в Европе: «При Картере ЦРУ реализовало секретный проект, выплачивая деньги европейским журналистам, поддерживающим в прессе идею размещения на континенте американских нейтронных бомб. Подобная практика существовала и прежде. Успех дезинформации определяет не география или иные факторы, а деньги и только деньги» []. Приняв гипотезу о степенной зависимости представления $B(\theta)$ о параметре θ от расходов

$$(22) \quad B(\theta) = 1 - (1 - \theta)a^{-Ky_+}, \quad a > 1,$$

$$(23) \quad B(\theta) = \theta a^{-Ky_-},$$

где: K – коэффициент эффективности информационных воздействий, y_+ (y_-) – расходы, направленные на обеспечение значения представления выше (ниже) реального значения параметра, получим целевую функцию (функция выигрыша) игроков в условиях информационного противоборства:

(24)

$$\Phi(x, y) = \frac{1}{\eta_A + \eta_B} \sum_{i \in P} (C_{Ai} \eta_A (1 - (1 - \theta_i) a^{-K_A x_i}) + C_{Bi} \eta_B \theta_i a^{-K_B y_i})$$

с результирующим представлением об i -м параметре:

$$B(\theta_i) = \frac{\eta_A (1 - (1 - \theta_i) a^{-K_A x_i}) + \eta_B \theta_i a^{-K_B y_i}}{\eta_A + \eta_B},$$

$$x = (x_1, \dots, x_{P3}), \quad y = (y_1, \dots, y_{P3}), \quad -1 \leq (\eta_A, \eta_B) \leq 1, \quad (\eta_A, \eta_B) \neq 0,$$

где: η_A, η_B – репутация игрока A (B) и направленность (на увеличение или уменьшение значения параметра) информационных воздействий;

K_A, K_B – коэффициент эффективности информационных воздействий игрока A (B).

Цель игрока A заключается в максимизации функции $\Phi(x, y)$, игрок B стремится ее минимизировать. Полагаем, что игроки распределяют свои ресурсы по параметрам однократно, одновременно и независимо друг от друга.

В случае одного параметра решение игры тривиально. Целевая функция равна:

$$\Phi(R_A, R_B) = \frac{C_{Ai} \eta_A (1 - (1 - \theta_i) a^{-K_A x_i}) + C_{Bi} \eta_B \theta_i a^{-K_B y_i}}{\eta_A + \eta_B}.$$

Пример 1. При $\eta_A = \eta_B = 1$, $C_{Ai} = C_{Bi} = 1$, $K_A = K_B = 0,05$, $R_a = R_b = 10$, $a = 2$ и изменении мнения θ_i в интервале от 0,01 до 0,99 найти значения целевой функции и представить их в табличном виде (табл. 3).

Табл. 3. Зависимость целевой функции от параметра

θ_i	0,01	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,8	0,9	0,99
$B(\theta_i)$	0,15	0,22	0,29	0,39	0,5	0,61	0,71	0,78	0,85

Поскольку ценность параметра одинакова для обоих игроков и равна единице, значение целевой функции совпадает с представлением $B(\theta_i)$ агента о параметре θ_i . Из таблицы видно, что в условиях разнонаправленных информационных воздействий одинаковой эффективности агенты переоценивают низкие значения параметра и недооценивают высокие.

Полученный результат совпадает с положениями теории перспектив (Prospect Theory) [;], разработанной Д. Канеманом и А. Тверски на основе эмпирических наблюдений и свидетельств, согласно которой люди переоценивают низкие вероятности и недооценивают высокие.

Если игрок A (B) стремится увеличить (уменьшить) значение представления, то при прочих равных условиях ему надо выбирать параметры, значения которых меньше (больше) 0,5.

Исследуем целевую функцию (24). Поскольку $0 < \theta_i < 1$, $a > 1$, то функция $C_{A_i} \eta_A \theta_i a^{-K_A x_i}$ выпуклая и монотонно убывающая, а функция $C_{B_i} \eta_B (1 - (1 - \theta_i) a^{-K_B y_i})$ – вогнутая и монотонно возрастающая.

Допустимое множество решений игроков образует компактное метрического пространства (замкнутое ограниченное множество евклидова пространства). Сумма монотонно возрастающих вогнутых (убывающих выпуклых) на допустимом множестве функций также является вогнутой (выпуклой). Целевая функция при любом фиксированном y вогнута по x и при любом фиксированном x выпукла по y . Тогда по известной теореме антагонистических игр [; С. 16] целевая функция имеет седловую точку (в области чистых стратегий).

Для нахождения решения игры составляем функции Лагранжа:

$$L(x, \lambda) = -\Phi(x, y) + \lambda \left(\sum_{i=1}^{P_3} x_i - R_A \right),$$

(меняем знак целевой функции, поскольку в стандартной постановке вычисляется минимум),

$$L(y, \mu) = \Phi(x, y) + \mu \left(\sum_{i=1}^{P_3} y_i - R_B \right),$$

и вычисляем их частные производные:

$$L'_{x_i} = -d_i a^{-K_A x_i} + \lambda, \quad d_i = C_{Ai} \eta_A (1 - \theta_i) K_A \ln a / (\eta_A + \eta_B), \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$L'_\lambda = \sum_{i=1}^{P_3} x_i - R_A,$$

$$L'_{y_i} = -e_i a^{-K_B y_i} + \mu, \quad e_i = C_{Bi} \eta_B \theta_i K_B \ln a / (\eta_A + \eta_B), \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$L'_\mu = \sum_{i=1}^{P_3} y_i - R_B,$$

где d_i и e_i – вспомогательные переменные.

В соответствии с условием Куна-Таккера имеем следующую систему уравнений и неравенств:

$$(25) \quad \lambda - d_i a^{-K_A x_i} \geq 0, \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$(26) \quad x_i (\lambda - d_i a^{-K_A x_i}) = 0, \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$(27) \quad \sum_{i=1}^{P_3} x_i = R_A,$$

$$(28) \quad \mu - e_i a^{-K_B y_i} \geq 0, \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$(29) \quad y_i (\mu - e_i a^{-K_B y_i}) = 0, \quad i = 1, \dots, P_3,$$

$$(30) \quad \sum_{i=1}^{P_3} y_i = R_B,$$

$$(31) \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, P_3.$$

Обозначим $I(i)$ множество индексов i , для которых $x_i > 0$. Тогда выражения (25) и (26) можно преобразовать к виду:

$$(32) \quad \lambda = d_i a^{-K_A x_i} \text{ при } i \in I(i) \text{ и } \lambda > d_i a^{-K_A x_i} \text{ при } i \notin I(i).$$

Соответственно, пусть $J(i)$ есть множество индексов i , для которых $y_i > 0$. Тогда:

$$(33) \quad \mu = e_i a^{-K_B y_i} \text{ при } i \in J(i) \text{ и } \mu > e_i a^{-K_B y_i} \text{ при } i \notin J(i).$$

Из (32) и (33) находим

$$(34) \quad x_i = \begin{cases} (\log_a d_i - \log_a \lambda) / K_A, & i \in I(i), \\ 0, & i \notin I(i), \end{cases}$$

$$(35) \quad y_i = \begin{cases} (\log_a e_i - \log_a \mu) / K_B, & i \in J(i), \\ 0, & i \notin J(i). \end{cases}$$

Полученные значения x_i и y_i подставляем в (27) и (30):

$$(36) \quad \lambda = a^{\left(\sum_{i \in I(i)} \log_a d_i - K_A R_A \right) / |I(i)|},$$

$$(37) \quad \mu = a^{\left(\sum_{i \in J(i)} \log_a e_i - K_B R_B \right) / |J(i)|},$$

где $|\cdot|$ – мощность (количество элементов) множества.

При $P_3 = 2$ множества $I(i)$ и $J(i)$ могут состоять из следующих элементов: $\{1\}$, $\{2\}$, $\{1; 2\}$. Количество элементов множества равно $2^{P_3} - 1$.

Найдем решение задачи при $P_3 = 2$. Получим следующий набор возможных решений:

$$\lambda^{\{1\}} = d_1 a^{-K_A R_A}; \quad \lambda^{\{2\}} = d_2 a^{-K_A R_A}; \quad \lambda^{\{1;2\}} = \sqrt{d_1 d_2} a^{-K_A R_A / 2};$$

$$\mu^{\{1\}} = e_1 a^{-K_B R_B}; \quad \mu^{\{2\}} = e_2 a^{-K_B R_B}; \quad \mu^{\{1;2\}} = \sqrt{e_1 e_2} a^{-K_B R_B / 2};$$

$$x_i^{\{1\}} = \begin{cases} R_A, & i = 1, \\ 0, & i = 2, \end{cases} \quad x_i^{\{2\}} = \begin{cases} 0, & i = 1, \\ R_A, & i = 2, \end{cases}$$

$$x_i^{\{1;2\}} = (K_A R_A / 2 + \log_a d_i - \log_a \sqrt{d_1} - \log_a \sqrt{d_2}) / K_A, \quad i = 1, 2;$$

$$y_i^{\{1\}} = \begin{cases} R_B, & i = 1, \\ 0, & i = 2, \end{cases} \quad y_i^{\{2\}} = \begin{cases} 0, & i = 1, \\ R_B, & i = 2, \end{cases}$$

$$y_i^{\{1;2\}} = (K_B R_B / 2 + \log_a e_i - \log_a \sqrt{e_1} - \log_a \sqrt{e_2}) / K_B, \quad i = 1, 2.$$

Пример 2. Пограничная служба (игрок A) и противостоящая ей организация (игрок B) имеют высокую репутацию и степень доверия ($\eta_A = \eta_B = 1$). Информационные воздействия направлены в основном на законопослушных граждан (агентов), имеют цель профилактики трансграничной преступности и характеризуются эффективностью $K_A = 0,05$; $K_B = 0,09$; $a = 2$ и выделенными ресурсами: $R_A = 25$ и $R_B = 10$.

Задачи информационных воздействий: изменить имеющиеся у агентов представление о вероятности задержания и наказания $\theta_1 = 0,2$ и представление о важности ориентации на долгосрочные цели при планировании ожидаемых доходов $\theta_2 = 0,7$. Игрок A имеет цель увеличить представления агентов о параметрах, игрок B – уменьшить. Ценность (относительная) параметра θ_1 для игроков равна $C_{A1} = C_{B1} = 1$, ценность второго параметра равна $C_{A2} = C_{B2} = 5$.

Найти оптимальное распределение ресурсов игроками и значение игры.

Решение.

Вычислим набор возможных решений:

$$x_i^{\{1\}} = \begin{cases} 25, & i=1, \\ 0, & i=2, \end{cases} \quad x_i^{\{2\}} = \begin{cases} 0, & i=1, \\ 25, & i=2, \end{cases} \quad x_1^{\{1;2\}} = 3,43, \\ x_2^{\{1;2\}} = 21,57; \\ y_i^{\{1\}} = \begin{cases} 10, & i=1, \\ 0, & i=2, \end{cases} \quad y_i^{\{2\}} = \begin{cases} 0, & i=1, \\ 10, & i=2, \end{cases} \quad y_1^{\{1;2\}} = -17,94, \\ y_2^{\{1;2\}} = 27,94.$$

Значения $y_1^{\{1;2\}} = -17,94$, $y_2^{\{1;2\}} = 27,94$ являются недопустимыми – нарушается условие неотрицательности переменных. Вычислим значения целевой функции:

$$\Phi(x^{\{1\}}, y^{\{1\}}) = 3,885, \quad \Phi(x^{\{2\}}, y^{\{1\}}) = 4,088, \\ \Phi(x^{\{1;2\}}, y^{\{1\}}) = 4,093; \\ \Phi(x^{\{1\}}, y^{\{2\}}) = 3,12, \quad \Phi(x^{\{2\}}, y^{\{2\}}) = 3,32, \\ \Phi(x^{\{1;2\}}, y^{\{2\}}) = 3,33.$$

Решение игры определяется из условия:

$$\max_i \min_j \Phi(x^{i\{t\}}, y^{j\{t\}}) = 3,33,$$

то есть равновесными являются стратегия игрока A : $x_1^* = 3,43$, $x_2^* = 21,57$, и стратегия игрока B : $y_1^* = 0$, $y_2^* = 10$.

При этом представления агентов о параметрах в условиях информационного противоборства игроков будут равны:

$$B^*(\theta_1) = 0,245, \quad B^*(\theta_2) = 0,62.$$

Рассмотренная теоретико-игровая модель информационного противоборства (наряду с другими моделями [1]) может применяться при моделировании этапов *Moral warfare* и *Mental warfare*, входящих в состав циклов деятельности при проведении пограничных и специальных операций, а также в ходе повседневной деятельности по охране и защите государственной границы.

5. Заключение

По У.Р. Эшби: «управление может быть обеспечено только в том случае, если разнообразие средств управляющего (в данном случае всей системы управления) по крайней мере не меньше, чем разнообразие управляемой им ситуации» [2]. Перефразируя У. Эшби, можно утверждать, что модели реальных процессов обеспечения пограничной безопасности должны быть не менее разнообразными, чем многообразие реальных управленческих ситуаций. И в этой связи они должны быть многоуровневыми и соответствовать универсальным и специальным циклам деятельности и управления.

Представляется перспективным направлением заполнение матрицы моделей пограничной безопасности, в том числе и за счет разработки (уточнения) для каждого уровня моделирования циклов деятельности. Также для каждого уровня потребуется классификация моделей по следующим основаниям: направления деятельности (защита и охрана границы, режим в пунктах пропуска, в исключительной экономической зоне и др.), правовой режим территории (внутренний, международный, смешанный).

Литература

1. БЕЛЯКОВ С. А., БОРИСОВ В. И., ШУМОВ В. В. *Введение в погранометрику*. – М.: Пограничная академия ФСБ России, 2012. – 667 с.
2. БЕРНУЛЛИ Д. *Опыт новой теории измерения жребия* // Вехи экономической мысли. Т. 1. СПб.: Экономическая школа, 1999.
3. ВАСИН А.А., КАРТУНОВА П.А., УРАЗОВ А.С. *Модели организации государственных инспекций и борьбы с коррупцией* // Математическое моделирование. – 2010. – Том 22, № 4. – С. 67-89.
4. ВАСИН А.А., МОРОЗОВ В.В. *Введение в теорию игр с приложениями к экономике* (учебное пособие). – М.: 2003. – 278 с.
5. ВАЩЕНКО Т.В. *Современные теории поведенческих финансов* // Финансовый менеджмент. – 2006. № 2.
6. *Война и мир в терминах и определениях*: под общей ред. Д.О. Рогозина. – М.: Изд. дом «ПоРог», 2004.
7. ГАЛУШКО С. *Силы специальных операций и война в Ливии. Аналитический доклад*. – М.: Центр стратегических оценок и прогнозов, www.csef.ru, 2011.
8. ГАЛЯЕВ А.А., МАСЛОВ Е.П. *О задаче патрулирования рубежа* // Известия РАН. Теория и системы управления, 2011, № 5, С. 153-163.
9. ГОЛОВИН Н.Н. *Исследование боя. Исследование деятельности и свойств человека как бойца*. Книга 2. Статьи и письма. — М.: ВА ГШ ВС РФ, 1995. – 303 с.
10. ГОЛОВИН Н.Н. *Наука о войне. О социологическом изучении войны*. – Париж: Издательство газеты «Сигнал», 1938. – 242 с.
11. ГОЛУНОВ С. *Безопасность пограничных пространств* / С. Голунов // Международные процессы, 2007, № 2.
12. ГУБАНОВ Д. А., НОВИКОВ Д. А., ЧХАРТИШВИЛИ А. Г. *Социальные сети: модели информационного влияния и противоборства* / Под ред. чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2010. – 228 с.

13. ДАВЫДОВ Д.В. *Военные записки*. – М.: Воениздат, 1982. – 351 с.
14. ДМИТРИЕВА С.И. *Лимнология: учебное пособие*. – Воронеж: Изд.-полигр. центр ВГУ, 2008. – 112 с.
15. ЗВЕЖИНСКИЙ С.С., ИВАНОВ В.А., БАРСУКОВ А.Б., БАБЕШКО М.В. *Охрана сухопутных границ США*. - М.: «Специальная техника», №5, 2006.
16. ИВЛЕВ А.А. *Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации*. Монография. – М.: 2008. – В рукописи, 64 с.
17. КОРЕПАНОВ В.О., ШУМОВ В.В. *Модели пограничной безопасности / Геополитика: теория, история, практика: Труды I Международной научно-практической конференции. [Сборник статей]. – Выпуск 1. – М.: АНО Научно-издательский Центр «Пространство и время», 2012. – С. 114-119.*
18. КОРОВИН Д.И. *О нахождении функции полезности в теории Неймана-Моргенштерна*// «Вестник ИГЭУ». Вып. 4. 2005.
19. *Криминология: учебник для вузов / Под ред. д. ю. н., проф. А.И. Долговой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Норма, 2005. – 912 с.*
20. МАСЛОУ А. *Мотивация и личность*. – СПб.: Издательство Питер, 2006. – 352 с.
21. *Механизмы управления: Учебное пособие/ Под ред. Д.А. Новикова. М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.*
22. МИТЮКОВ Н.В. *Имитационное моделирование в военной истории*. – М.: ЛКИ, 2007. – 280 с.
23. МИТЮКОВ Н.В. *Определение жертв войн через Ланчестерские модели // Историческая психология и социология истории. – 2009. – №2. – С. 122–140.*
24. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. – М.: СИНТЕГ, 2007. - 668 с.
25. НОВИКОВ Д.А. *Иерархические модели военных действий / Управление большими системами. Выпуск 37. – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 25-62.*
26. НОВИКОВ Д.А. *Методология управления*. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 128 с.

27. НОСКО В.П. *Эконометрика для начинающих* (Дополнительные главы). – М.: ИЭПП, 2005. – 379 с.
28. *Пограничная политика Российской Федерации* / под ред. А.И. Николаева. – М.: Граница, 1997. – 544 с.
29. ПОЧЕПЦОВ Г.Г. *Информационные войны*. – М.: Рефл-бук, К.: Ваклер, 2000. – 576 с.
30. СТАРИНОВ И. Г. *Мины замедленного действия – размышления партизана-диверсанта*. – М.: Альманах «Вымпел», 1999. – № 1.
31. СТАРИНОВ И. Г. *Солдат столетия* / Под ред. И.И. Комаровой. – М., 2002.
32. *Теория оперативно-розыскной деятельности: учебник* / Под ред. К.К. Горяинова, В.С. Овчинского, Г.К. Синилова. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 832 с.
33. ТРЕТЬЯКОВ В.Т. *Как стать знаменитым журналистом: курс лекций по теории и практике современной русской журналистики* / Предисл. С. А. Маркова. – М.: Ладомир, 2004. – 623 с.
34. *Хочешь мира, победи мятежевойну! Творческое наследие Е.Э. Месснера*. – М.: Военный университет, Русский путь, 2005. – 696 с, ил. - (Российский военный сборник).
35. ШУМОВ В.В. *Введение в общую погранометрику*. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
36. ШУМОВ В.В. *Информационно-математическая модель для обоснования уровней пограничной безопасности государства // Методы построения и технологии функционирования ситуационных центров* / Сборник статей под ред. докт. техн. наук А. А. Зацаринного. – М.: ИПИ РАН, 2011. – С. 185 – 200.
37. ШУМОВ В.В. *Классификация и обзор погранометрических моделей* / Труды ИСА РАН. Том 62.1/2012. – С. 26-39.
38. ШУМОВ В.В. *Модели пограничного сдерживания*. – М.: ЛЕНАНД, 2012. – 200 с.
39. ШУМОВ В.В. *Об оценке эффективности применения светотехнических средств в охране государственной границы* / Математическое моделирование, том 23, номер 3. М.: ИММ РАН, 2011. С. 38-48.

40. ШУМОВ В.В. *Производственные функции в погранометрике* // Теория активных систем / Тр. междунар. конф. Том 1. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 219 – 225.
41. ШУМОВ В. В. *Теоретико-игровая модель оптимизации способов применения пограничных сил и средств* / Управление большими системами. Выпуск 31. М.: ИПУ РАН, 2010. С.276-288.
42. ЭШБИ У.Р. *Принципы самоорганизации* / У.Р. Эшби // «Принципы самоорганизации»: сб. материалов симпозиума по самоорганизации в Иллинойском ун-те, США, 8-9 июня 1961 г.; пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – С. 314-343.
43. BOOIJ A., PRAAG B., KUILEN G. *A Parametric Analysis of Prospect Theory's Functionals for the General Population* / IZA DP No. 4115, 2009.
44. BRACKEN J. *Lanchester Models of the Ardennes Campaign* // Naval Research Logistics. – 1995. – Vol. 42. – P. 559–577.
45. HADDAL C. C. *Analyst in Immigration Policy* / *People Crossing Borders: An Analysis of U.S. Border Protection Policies* // Congressional Research Service, 2010.
46. JENKINS B.M. *Basic Principles for Homeland Security* / RAND Corporation, CT-270, 2007.
47. KIEKINTVELD C., KREINOVICH V., LERMA O. *Optimizing Trajectories for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Patrolling the Border* / Proceedings of the World Conference on Soft Computing, San Francisco, CA, May 23-26, 2011.
48. KIM Y. *Protecting the U.S. Perimeter: Border Searches Under the Fourth Amendment* // Congressional Research Service, 2009 <http://www.crs.gov> (дата обращения 10.04.2011)
49. KORZHYK D., CONITZER V., PARR R. *Security Games with Multiple Attacker Resources*: IJCAI, 2011, p. 273-279.
50. KORZHYK D., YIN Z., KIEKINTVELD C., CONITZER V., TAMBE M. *Stackelberg vs. Nash in Security Games: An Extended Investigation of Interchangeability, Equivalence,*

- and Uniqueness*. J. Artif. Intell. Res. (JAIR) 41: 297-327 (2011).
51. LANCHESTER F. W. *Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm*. – London: Constable and Co, Ltd., 1916. – 243 p.
 52. PAPADEMETRIOU D.G., COLLETT E. *New Architecture for Border Management*. – Washington: Migration Policy Institute, 2011. – 30 p.
 53. SANDOR Z. *Multinomial discrete choice models // Quantile*, 2009, No 7, pp.9-19.
 54. SCHAFFER M.B. *Lanchester Models of Guerrilla Engagements / Rand Corporation, Santa Monica, California, RM-5053-ARPA, 1967.*
 55. SCHILLING G.F. *Analytic Model of Border Control / Rand Corporation, Santa Monica, California, RM-6250-ARPA, 1970.*
 56. WEIN, L. M., LIU, Y., MOTSKIN, A. *Analyzing the Homeland Security of the U.S.-Mexican Border / Risk Analysis*, Vol. 29, No. 5, pp. 699–713.
 57. WILLIS H. H., PREDD J. B., DAVIS P. K., BROWN W. *Measuring the Effectiveness of Border Security Between Ports-of-Entry*. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, TR-837-DHS. As of January 6, 2011
 58. WRIGHT P.D., LIBERATORE M.J., NYDICK R.L. *A Survey of Operations Research Models and Applications in Homeland Security / Interfaces*, Vol. 36, No. 6, 2006, pp. 514-529.

A MATRIX'S OF MODELS OF BORDER SECURITY

Vladislav Shumov, International Informatizational Academy, Moscow, Cand.Sc., senior lecturer (vshum59@yandex.ru).

The complexity and diversity of real processes in the field of border security involves the use of complex models, arrayed horizontally (chain models, the corresponding phase of the activity) and vertical (hierarchical models), that is, the matrix models. In work: a brief description of models of border security, application

lanchesterovskih models to assess the effectiveness and optimization of border operations, as well as game-theoretic model of information warfare as a special case of Colonel Blotto game.

Keywords: border security, border control, Lanchester's models, model of information warfare.