УДК 519.876.2
ББК 32.81

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ ПОГРАНИЧНОГО СДЕРЖИВАНИЯ

Шумов В. В.[1]
(*Отделение погранологии
Международной академии информатизации, Москва*)

В настоящей работе рассмотрена теоретико-игровая модель пограничного сдерживания, позволяющая с использованием равновесия Штакельберга вычислить оптимальные расходы на обеспечение пограничной безопасности.

Ключевые слова: пограничная безопасность, пограничное сдерживание, охрана границы, равновесие Штакельберга, теоретико-игровая модель.

1. Введение

По А. Маслоу потребность в безопасности является важнейшей базовой потребностью индивида: «После удовлетворения физиологических потребностей их место в мотивационной жизни индивидуума занимают потребности другого уровня, которые в самом общем виде можно объединить в категорию безопасности (потребность в безопасности; в стабильности; в зависимости; в защите; в свободе от страха, тревоги и хаоса; потребность в структуре, порядке, законе, ограничениях; другие потребности)» [8]. Национальная (государственная) безопасность по источникам возникновения угроз подразделяется на внутриполитическую, международную и пограничную безопасность [9].

Модельный закон [10] определяет пограничную безопасность как составную часть национальной безопасности государ-

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

ства, представляющую собой состояние защищенности политических, экономических, информационных, гуманитарных и иных интересов личности, общества и государства на государственной границе и в пограничном пространстве.

Пограничная безопасность реализуется посредством комплекса мер, включающего следующие этапы (функции пограничной политики): профилактика[1] (предупреждение); пограничное сдерживание и пограничные меры [21; 11] (рис. 1).

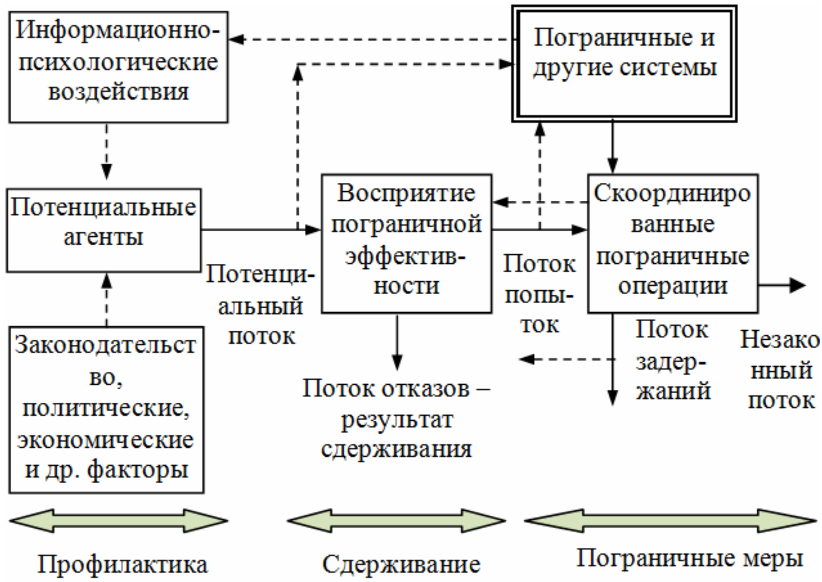

Рис. 1. Концептуальная модель пограничной безопасности

[1] *В широком понимании профилактика является синонимом предупреждения. В узком смысле слова профилактикой считаются меры, направленные на выявление и ликвидацию причин и условий конкретных деяний, а также на установление лиц, способных совершить преступление, с целью осуществления направленного предупредительного воздействия* [*1*].

Важнейшим принципом пограничной политики является примат профилактических, предупредительных и сдерживающих мер [15, 16, 22].

Сдерживание (*deterrence*) – это «состояние ума, вызванное существованием реальной угрозы ответных действий» [14]. Угроза (общеславянск. «гроза» – первоначальное значение – страх, ужас) имеет следующие значения: 1) общее значение – любое действие, жест, реакция или символический акт, отражающие намерение напасть, причинить физический, психологический или материальный вред; 2) символ или знак, предвещающий опасность; 3) идея или образ (и сопровождающие их эмоции) относительно ожидаемых событий, способных причинить ущерб; 4) обещание причинить какое-либо зло, неприятность; 5) возможность, опасность какого-либо бедствия, несчастья, неприятного события [5].

Сдерживание и угрозы в пограничном пространстве можно классифицировать по следующим основаниям:

1. По направленности:
   - сдерживание и угрозы, создаваемые пограничной системой по отношению к субъектам, ведущим противоправную деятельность (пограничное сдерживание, пограничные угрозы);
   - сдерживание и угрозы, создаваемые пограничной системой по отношению к своим сотрудникам (сдерживание правонарушений).
2. По мотивации субъекта, на которого направлена угроза:
   - сдерживание экономических субъектов (контрабандистов, нелегальных мигрантов и др.);
   - сдерживание неэкономических (институциональных) субъектов (террористов, экстремистов и т.д.).

Функция сдерживания противоправной деятельности в пограничном пространстве полностью основывается на создаваемых угрозах. Способность к проецированию угроз обеспечивается в первую очередь материальными, моральными и когнитивными ресурсами пограничного ведомства.

Основоположником экономической теории сдерживания преступности считается Г. Беккер [13], показавший, что поведение преступников в принципе не отличается от любого другого рационального экономического поведения. Субъект решается на преступление, если ожидаемые выгоды (финансовое или иное вознаграждение) превосходят связанные с ними издержки (наказание в виде штрафа или заключения и, соответственно, вероятность этого наказания).

Анализ сдерживания институциональных субъектов вероятно впервые был выполнен в военной науке и практике. В частности, военный социолог генерал Н.Н. Головин отмечал, что важнейшим фактором победы войска в бою является процент «кровавых» потерь (потери раненными и убитыми), при котором войско все еще не 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...» [3, С. 164–165]. Относительно низкий пороговый процент потерь фактически является сдерживающим фактором, не позволяющим достичь победы над более сильным в моральном отношении противником.

Моделированию сдерживания посвящено множество работ. В частности, А.А. Васин и др. в работе [2] рассмотрели вопросы поиска оптимальной организации бюджетопополняющих и правоохранительных инспекций; решили задачу определения оптимального плана проверок, сдерживающих экономических субъектов от уклонения налогов и/или провоза незаконных грузов через пункты пропуска.

Л. Вейн, Ю. Лю и А. Мотскин в статье [28] вычислили эффективность пограничного сдерживания применительно к нелегальным мигрантам, основываясь на теории дискретного выбора [17] и используя стандартную логит-модель.

В работе [11] рассмотрена концептуальная модель (глава 1) и прикладные модели пограничного сдерживания (глава 2): моделирование контактной и барьерной функций границ; анализ представлений агентов о параметре; элементарная модель пограничного сдерживания; выполнена постановка теоретико-игровых задач. В.О. Корепанов и В.В. Шумов [6] рассмотрели теоретико-игровую задачу сдерживания организатора трансграничной преступной группировки и для частного случая нашли ее решение (равновесие по Штакельбергу), заключающееся в распределении ограниченного ресурса между подразделениями таким образом, чтобы обеспечить одинаковую вероятность задержания нарушителей.

В настоящей работе рассмотрена теоретико-игровая модель пограничного сдерживания, позволяющая оптимизировать расходы на обеспечение пограничной безопасности.

2. Пограничная система и субъекты воздействия

Пограничная система (далее ПС) может иметь неограниченный бесконечно делимый ресурс, денежный эквивалент которого равен R (денежные средства, оборудование, расходные материалы и т.п.). Множество X допустимых действий – распределение ресурса по множеству пограничных участков $N = \{1, \dots, n\}$ (подразделений, каналов):

$$X = \left\{ x \in \Re^n : \; x_j \geq 0, \;\; \sum_{j=1}^{n} x_j = R < +\infty \right\}, \tag{1}$$

где x_i – выделяемый i-му подразделению ресурс.

Имеется два класса агентов (субъектов воздействия со стороны пограничной службы), пытающихся с сопредельной территории проникнуть в регион:

- A – количество агентов, действующих из экономических побуждений (экономические агенты);
- B – количество агентов, действующих из неэкономических побуждений (институциональные агенты).

Предположим, что известно их количественное распределение по l и m группам соответственно:

$$\sum_{i=1}^{l} A^i = A, \;\; L = \{1, \dots, l\}, \tag{2}$$

(3) $\sum_{i=1}^{m} B^i = B$, $M = \{1, \ldots, m\}$.

В случае успешного нарушения границы агент i-й группы наносит ущерб общественному благосостоянию в размере u^i и v^i соответственно. Отметим, что ущерб v^i от неэкономических агентов в денежном выражении иногда оценить трудно, поскольку их действия могут привести к краху существующего политического режима.

Пусть $y_j^i \in [0, A^i]$ $(z_j^i \in [0, B^i])$ – количество экономических (неэкономических) агентов группы i, выбравших участок j или отказавшихся от попытки нарушения границы ($j = 0$). Множество допустимых действий агентов есть

(4) $$Y = \left\{ y \in \Re_l^{n+1} : y_j^i \geq 0, j \in N \cup \{0\}, \sum_{j \in N \cup \{0\}} y_j^i = A^i, i \in L \right\},$$

(5) $$Z = \left\{ z \in \Re_m^{n+1} : z_j^i \geq 0, j \in N \cup \{0\}, \sum_{j \in N \cup \{0\}} z_j^i = B^i, i \in M \right\}.$$

3. Модель охраны границы

Действия экономических агентов традиционно рассматриваются как угрозы среднего уровня, борьба с ними обычно ведется в рамках охраны границы (*Border Control*).

Эффективность охраны границы на участке j может быть охарактеризована пограничной производственной функцией, т.е. вероятность задержания экономических агентов на участке j равна [11, 12]:

(6) $p_j = 1 - \exp(-\lambda_j x_j)$,

где λ_j – параметр производственной функции.

Полезность альтернатив для экономического агента i может быть определена на основе модели Г. Беккера [13]:

$$U_j^i = \left(1 - p_j P^i\right) S^i + p_j P^i \left(S^i - D^i\right) - G_j + \Delta S^i,$$

или

(7) $U_j^i = S^i - p_j P^i D^i - G_j + \Delta S^i$, $j = 1, \ldots, n$,

где S^i – ожидаемый доход от незаконной деятельности агента i; D^i – денежный эквивалент наказания агента i в случае его задержания и наказания; P^i – вероятность наказания агента i в случае его задержания; G_j – трансакционные издержки, связанные с выбором участка j; ΔS^i – дополнительная полезность, характеризующая отношение агентов i к риску.

Трансакционные издержки G_j определяются выбором участка (канала) и позволяют учесть риски, связанные с потерей времени (особенности рельефа и проходимости местности, транспортная доступность) и здоровья (особенности и правила применения оружия и т.д.).

Американский экономист М. Сесновиц [19] на основе статистики преступлений вычислил, что средний ожидаемый чистый доход преступников, занимающихся кражей с взломом, является отрицательной величиной. Данный факт говорит о том, что преступники, как правило, рискофилы, т.е. их функция полезности выпукла [7]. А.А. Васин и др. [2] показали, что при достаточно общих предположениях плотность функции ΔS^i унимодальна, а ставка риска монотонно убывает по ΔS^i.

Полезность законной деятельности ($j = 0$) для агента i равна

$$(8)\quad U_0^i \equiv s^i,$$

где s^i – ожидаемый доход от законной деятельности агента i.

Сравнивая ожидаемую полезность $U^i = \max_{j=1,\dots,n} U_j^i$ от незаконной деятельности с полезностью законной s^i, агент i принимает решение:

- отказаться от попытки нарушения границы (с вероятностью $Q^i = 1$), если $s^i \geq U^i$;
- попытаться нарушить границу ($Q^i = 0$), если $s^i < U^i$.

Формально вероятность Q^i есть вероятность выбора нулевого участка (альтернативы) $j = 0$.

Цель ПС заключается в максимизации критерия эффективности охраны границы – предотвращенного ущерба за вычетом расходов на охрану границы [11]:

$$(9)\quad F(x, y) = \sum_{i=1}^{l} u^i \left(y_0^i + \sum_{j=1}^{n} p_j(x_j) y_j^i \right) - R \to \max .$$

Поскольку внутри одной группы агенты однородны, то каждую группу будем считать отдельным игроком, имеющим целью максимизацию полезности:

(10) $$f_i(x,y) = s^i y_0^i + \sum_{j=1}^{n} U_j^i y_j^i \to \max .$$

В общем случае мы имеем игру $(l+1)$ лиц: m игроков (субъектов воздействия) наблюдают распределение пограничных сил и средств по участкам $j = 1, \ldots, n$ и выбирают свои действия (выбор альтернативы $j = 0, 1, \ldots, n$). ПС «просчитывает» действия каждого из субъектов воздействия, определяет их распределения по участкам и, исходя из этого, максимизирует свою полезность. Мы имеем игру Γ_1, решение которой (равновесие Штакельберга) находится обратной индукцией и для двух игроков имеет вид [4]

(11) $$x^* \in \operatorname*{Arg\,max}_{x \in X,\, y \in R_y(x)} F(x,y),$$

$$y^* \in R_y(x^*) = \operatorname*{Arg\,max}_{y \in Y} f(x,y),$$

где $R_y(x)$ есть функция отклика (наилучшего ответа) субъекта воздействия на действия ПС.

Полагая, что субъекты воздействия не взаимодействуют между собой, получим правило для нахождения равновесия в игре Γ_1 $(l+1)$ лиц:

(12) $$x^* \in \operatorname*{Arg\,max}_{x \in X,\, y^1 \in R_{y^1}(x), \ldots, y^l \in R_{y^l}(x)} F(x,y),$$

$$y^{i*} \in R_{y^i}(x^*) = \operatorname*{Arg\,max}_{y^i \in Y^i} f_i(x,y), \quad i = 1, \ldots, l.$$

4. Решение игры охраны границы для двух игроков

Если в приграничном регионе почти все агенты однородны (преимущественно мигранты или контрабандисты), то мы вправе рассмотреть игру двух лиц, опуская индекс i.

Предположим, что для всех $j = 1, \ldots, n$ выполняется неравенство

$S - G_j + \Delta S > 0$

(т.е. участок местности проходим для агентов). В противном случае такие участки исключаем из рассмотрения (на них не требуется выделение пограничных средств).

Наилучшим ответом ПС будет такое распределение ресурса, при котором на всех участках обеспечивается равенство полезности для каждого агента [6]. Тогда для нахождения оптимального распределения ресурса ПС необходимо решить задачу (агенты с одинаковой вероятностью выбирают любой из участков):

$$(13)\quad F(x,y) = uA\left(Q + \frac{1-Q}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(1 - e^{-\lambda_j x_j}\right)\right) - R \to \max ,$$

$$(14)\quad U = S - (1 - e^{-\lambda_j x_j})PD - G_j + \Delta S ,\ j = 1, \ldots, n,$$

$$(15)\quad \sum_{j=1}^{n} x_j = R ,$$

$$(16)\quad Q = \begin{cases} 1, & s \geq U, \\ 0, & s < U. \end{cases}$$

Выражение (13) непосредственно следует из (9), выражение (14) есть требование обеспечения одинаковой полезности для агентов на всех участках (следует из (7)).

Подставив (14)–(15) в (13), получим целевую функцию ПС, зависящую от U и Q:

$$(17)\quad F(U,Q) = uA\left(Q + \frac{1-Q}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD}\right) +$$

$$+\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j}\ln\left(1 - \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD}\right) \to \max .$$

Первый случай. Предположим, что местность однородная и возможности ПС на всех участках одинаковы, т.е. $\lambda_j = \lambda$, $G_j = G$, $j = 1, \ldots, n$.

При $Q = 1$ полагаем, что сдерживание агентов выполняется при условии $U = s$, и выражение (17) примет вид

$$(18)\quad F(s,1) = uA + \frac{n}{\lambda}[\ln(PD - S + s + G - \Delta S) - \ln PD] ,$$

$$PD - S + s + G - \Delta S > 0 .$$

При этом оптимальные расходы ПС будут равны

(19) $R^* = \frac{n}{\lambda}[\ln PD - \ln(PD - S + s + G - \Delta S)]$.

Например, при $n = 10$, $\lambda = 0{,}0001$, $P = 0{,}5$, $D = 1000$, $S = 300$, $s = 100$, $G = 10$, $\Delta S = 5$ получим $R^* = 49{,}430$.

Если легальный доход агентов невелик, то их сдерживание может оказаться трудной задачей. При $Q = 0$ получим:

(20) $F(U,0) = \frac{uA}{PD}(S - U - G + \Delta S) + \frac{n}{\lambda}[\ln(PD - S + U + G - \Delta S) - \ln PD]$.

Вычислив производную по U и приравняв ее к нулю, из (20) получим:

$$U^* = \frac{PDn}{\lambda uA} - PD + S - G + \Delta S.$$

Найденное значение U^* получено в предположении, что $U^* < s$ и функция сдерживания не работает. Данная ситуация оправдана, например, в силу незначительного количества агентов или небольшого ожидаемого ущерба общественной безопасности.

Подставив найденное значение U^* в (14), получим значение оптимальных расходов ПС:

(21) $R^* = \frac{n}{\lambda}[\ln \lambda + \ln u + \ln A - \ln n]$.

Оптимальные расходы определяются параметром λ производственной функции, ожидаемым количеством A агентов и ожидаемым ущербом u общественной безопасности.

Например, при $n = 10$, $\lambda = 0{,}0001$, $A = 500$, $u = 1000$ получим $R^* = 160{,}944$.

Алгоритм вычисления оптимальных расходов в случае 1 заключается в вычислении оптимальных значений целевых функций $F(U, 0)$ и $F(U, 1)$, зависящих от легального дохода s, и вычислении оптимальных расходов ПС для большего из полученных значений целевой функции.

Второй случай. Неоднородная местность и разные возможности пограничных подразделений на участках.

При $Q = 1$ имеем следующее значение целевой функции:

$$F(s,1) = uA + \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{\lambda_j} \ln\left(1 - \frac{S - s - G_j + \Delta S}{PD}\right),$$

причем оптимальные расходы по участкам вычисляются из условия

$$s = S - (1 - e^{-\lambda_j x_j})PD - G_j + \Delta S,\ j = 1, \ldots, n,$$

и равны

$$x_j = \frac{1}{\lambda_j}\left(\ln PD - \ln(PD - S + s + G_j - \Delta S)\right),\ j = 1, \ldots, n.$$

При $Q = 0$ получим:

$$F(U,0) = \frac{uA}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} + \sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j}\ln\left(1 - \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD}\right),$$

$$F'(U,0) = \frac{-uA}{PD} + \sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j(PD - S + U + G_j - \Delta S)} = 0\cdot$$

Из последнего выражения оптимальное значение U^* находится численным методом. Тогда оптимальные расходы ПС по участкам будут равны:

$$x_j = \frac{1}{\lambda_j}\left(\ln PD - \ln(PD - S + U^* + G_j - \Delta S)\right),\ j = 1, \ldots, n.$$

Третий случай. Положим, что агенты (самостоятельно или с помощью организаторов нелегальных каналов через границу) правильно определяют возможности пограничных подразделений и точно оценивают транспортную доступность местности, но сравнение полезностей от законной и незаконной деятельности выполняют с ошибками. Такое поведение агентов достаточно типично при планировании ими своей деятельности на несколько лет вперед, когда приходится сталкиваться с различными неопределенностями.

В случае ограниченной рациональности агентов вероятность отказа от попытки нарушения границы равна [17, 20, 11]

$$(22)\quad Q = \frac{e^{\theta}}{e^{\theta} + e^{\theta U/s}},$$

где $\theta > 0$ – степень рациональности агентов. Для экономических агентов можно положить $\theta = 3$ [11].

Тогда выражение (17) можно записать в следующем виде:

$$(23)\quad F(U) = uA\left(\frac{e^{\theta}}{e^{\theta} + e^{\theta U/s}} + \frac{e^{\theta U/s}}{n\left(e^{\theta} + e^{\theta U/s}\right)}\sum_{j=1}^{n}\frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD}\right) +$$

$$+\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{\lambda_j}\ln\left(1-\frac{S-U-G_j+\Delta S}{PD}\right)\to\max\cdot$$

Оптимальное значение U^* находится численным методом.

Замечание. Все вышеизложенные рассуждения справедливы и для неэкономических агентов, если предположить, что последние максимизируют вероятность незадержания, т.е. для неэкономических агентов [11]

$U_j = 1 - (1 - p_j)(1 - p_{Gj}),\ j = 1, \ldots, n,$

$U_0 = 1 - p_0,$

где p_0 – пороговая вероятность (значение вероятности задержания и наказания, при которой агенты отказываются от попыток нарушения границы); p_{Gj} – вероятность задержания (нейтрализации) агентов на маршруте непосредственно после преодоления охраняемого рубежа.

5. Решение игры охраны границы для нескольких игроков

Четвертый случай. Рассмотрим условия случая 1 (однородность местности и одинаковые возможности ПС на всех участках: $\lambda_j = \lambda,\ G_j = G,\ j = 1, \ldots, n$), когда имеется l_e групп рациональных экономических агентов. Агенты i-й группы ($i = 1, \ldots, l_e$) стремятся максимизировать полезность, выбирая альтернативу j.

Наилучший ответ ПС – такое распределение ресурса, при котором для каждой группы агентов обеспечивается равенство полезности на всех участках. Для нахождения оптимального распределения ресурса ПС необходимо решить задачу:

$$(24)\quad F(x,y)=\sum_{i=1}^{l_e}u^iA^i\left(Q^i+\frac{1-Q^i}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(1-e^{-\lambda x_j}\right)\right)-R\to\max,$$

$$(25)\quad U^i=S^i-(1-e^{-\lambda x_j})P^iD^i-G+\Delta S^i,\quad j=1,\ldots,n,\ i=1,\ldots,l_e,$$

$$(26)\quad \sum_{j=1}^{n}x_j=R,$$

$$(27)\quad Q^i=\begin{cases}1, & s^i\ge U^i,\\ 0, & s^i<U^i,\end{cases}$$

где выражение (25) есть требование обеспечения одинаковой полезности на всех участках для каждой группы агентов.

Из выражения (25) следует, что одинаковая полезность внутри каждой группы достигается при $x_1 = \ldots = x_n = R/n$, т.е.

$$U^i(R) = S^i - (1 - e^{-\lambda R/n})P^i D^i - G + \Delta S^i .$$

Для каждой i-й группы агентов найдем значение R^i, при котором обеспечивается равенство $U^i(R^i) = s^i$:

$$R^i = \frac{n}{\lambda}\left(\ln P^i D^i - \ln(s^i - S^i + P^i D^i + G - \Delta S^i)\right).$$

Множество $i = 1, \ldots, l_e$ групп агентов разобьем на непересекающиеся подмножества $i_1, i_2, \ldots, i_n$ исходя из условия

$$R^{i_1} < R^{i_2} < \ldots < R^{i_n} .$$

Целевая функция (24) в полученных точках имеет разрыв 1-го рода и равна

$$F(R) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i \left(1 + (Q^i - 1)e^{-\lambda R/n}\right) - R ,$$

или

$$F(R < R^{i_1}) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i (1 - e^{-\lambda R/n}) - R ,$$

$$F(R^{i_1} \le R < R^{i_2}) = \sum_{i \in i_1} u^i A^i + \sum_{i \in (i_2, \ldots, i_n)} u^i A^i (1 - e^{-\lambda R/n}) - R ,$$

$$\ldots$$

$$F(R = R^{i_n}) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i - R \cdot$$

Поиск локального максимума на каждом интервале тривиален и сводится к вычислению производной и приравниванию ее к нулю.

При этом количество агентов, успешно преодолевших границу, будет равно

$$R^* < R^{i_1} : \ a = e^{-\lambda R^*/n} \sum_{i=1}^{l_e} A^i ,$$

$$R^{i_1} \le R^* < R^{i_2} : \ a = e^{-\lambda R/n} \sum_{i \in (i_2, \ldots, i_n)} A^i ,$$

$$\ldots$$

$$R^* = R^{i_n} : \ a = 0 .$$

6. Заключение

Заметим, что в качестве параметров модели мы использовали ожидаемые количества агентов по каждой группе (A^i и B^i) и ожидаемый потенциальный ущерб (u^i и v^i) общественной безопасности от действий одного агента i-й группы.

В общем случае потенциальный ущерб существенно зависит от количества агентов, проникших через границу в приграничный регион. Так, при небольшом количестве нелегальных мигрантов ущерб от их деятельности может сводиться к неуплате налогов и одиночным уголовным преступлениям. При значительном количестве нелегальных мигрантов возможно возникновение межнациональных конфликтов со значительными моральными и материальными потерями.

Еще более катастрофичными могут оказаться последствия от массового проникновения террористов, повстанцев и представителей спецслужб других государств, что видно на примере некоторых стран Северной Африки.

Для моделирования последствий массового проникновения в регион (страну) экономических и неэкономических агентов необходимо рассмотреть модели безопасности приграничного региона, например, на основе уравнений Осипова–Ланчестера.

В частности, в работе М. Шаффера [18] рассмотрена модель борьбы с повстанцами в приграничном регионе, где с учетом интенсивностей попыток проникновения повстанцев из-за границы, вербовки новых агентов в регионе и интенсивности их нейтрализации вычисляются условия, при которых будет происходить снижение активности повстанцев.

Литература

1. АВАНЕСОВ Г.А. *Криминология*: учебник, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Акад. МВД СССР, 1984. – 500 с.
2. ВАСИН А.А., КАРТУНОВА П.А., УРАЗОВ А.С. *Модели организации государственных инспекций и борьбы с кор-*

рупцией // Математическое моделирование. – 2010. – Том 22, №4. – С. 67–89.
3. ГОЛОВИН Н.Н. *Наука о войне. О социологическом изучении войны*. – Париж: Издательство газеты «Сигнал», 1938. – 242 с.
4. ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. *Теория игр в управлении организационными системами*. – Издание 2-е. – М.: ИПУ РАН, 2005. – 138 с.
5. ЖМУРОВ В.А. *Большая энциклопедия по психиатрии*. – 2-е изд., 2012. [Электронный ресурс] – URL: http://vocabulary.ru (дата обращения 06.03.2013.)
6. КОРЕПАНОВ В.О., ШУМОВ В.В. *Распределение пограничных ресурсов с использованием равновесия Штакельберга* // Пространство и время. (В печати.)
7. КОРОВИН Д.И. *О нахождении функции полезности в теории Неймана-Моргенштерна* // Вестник ИГЭУ. – 2005. – Вып. 4. – С. 82–84.
8. МАСЛОУ А. *Мотивация и личность*. – СПб.: Издательство Питер, 2006. – 352 с.
9. *Общая теория национальной безопасности*: учебник / Под общ. ред. А.А. Прохожева. Изд. 2.-е – М.: Изд-во РАГС, 2005. – 344 с.
10. *Постановление Межпарламентской ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств* от 28.10.2010 г. №35-10 о модельном законе «О пограничной безопасности».
11. ШУМОВ В.В. *Модели пограничного сдерживания*. – М.: ЛЕНАНД, 2012. – 200 с.
12. ШУМОВ В.В. *Производственные функции в пограметрике* // Тр. междунар. конф. «Теория активных систем». Том 1. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 219–225.
13. BECKER G.S. *Crime and Punishment: An Economic Approach* // Essays in the Economics of Crime and Punishment / Eds. G.S. Becker, W.L. Landes. – N.Y., 1974. – P. 1–54.
14. FMFM 7-14. *Combating Terrorism* (USMC). – October, 5, 1990. – 143 p.
15. MCNEILL J.B. *15 Steps to Better Border Security: Reducing America's Southern Exposure* // Executive Summary Background. – March, 9, 2009. – №2245. – URL:

http://www.heritage.org/research/reports/2009/03/15-steps-to-better-border-security-reducing-americas-southern-exposure (дата обращения 06.03.2013.)
16. RILEY K.J. *Border Security and the Terrorist Theat* – The RAND Corporation, CT-266, August, 8, 2006. – 14 p.
17. SANDOR Z. *Multinomial discrete choice models* // Quantile. – 2009. – №7. –P. 9–19.
18. SCHAFFER M.B. *Lanchester Models of Guerrilla Engagements.* – Rand Corporation, Santa Monica, California, RM-5053-ARPA, 1967. – 46 p.
19. SESNOWITZ M. *Returns to Burglary* // The Economics of Crime. – Cambridge (Mass.), 1980. – P. 181–186.
20. WEIN L.M., LIU Y., MOTSKIN A. *Analyzing the Homeland Security of the U.S.-Mexican Border* // Risk Analysis. – 2009. – Vol. 29, №5. – P. 699–713.
21. WILLIS H.H., PREDD J.B., DAVIS P.K., BROWN W. *Measuring the Effectiveness of Border Security Between Ports-of-Entry.* – RAND Corporation, Santa Monica, Calif.: TR-837-DHS. As of January, 6, 2011. – 66 p.
22. ZINNO M.J. *Expeditionary Border Security Operations: Eliminating the Seams*. – Fort Leavenworth, Kansas: School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College, 2008. – 56 p.

GAME-THEORETIC MODEL OF BORDER CONTAINMENT

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

We consider a game-theoretic model of border containment, which uses the Stackelberg equilibrium to calculate the optimal spending on border security.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Д. А. Новиковым