

# КОНТР-ТЕРРОРИЗМ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ РЕСУРСОВ

**Игорь Ушаков**  
(Сан-Диего, США)

## ЧАСТЬ I. МИНИМАКСНЫЙ КРИТЕРИЙ

### Аннотация

Дается концепция оптимального распределения ресурсов, выделенных для борьбы с терроризмом, для наилучшей защиты объектов возможного нападения террористов. В предположении неопределенности намерений террористов предлагается минимаксный критерий. Приводятся целевые функции для стоимостного анализа эффективности контр-террористических мероприятий.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Десятилетиями Соединенные Штаты Америки фокусировали свое внимание на защите своей страны вне своих границ. Однако события 11 сентября 2001 года перевернули все: оказалось, что существует серьезный противник, способный проникнуть сквозь, как оказалось, весьма пористую государственную границу США и наносить удары по жизненно важным объектам внутри страны. Справедливости ради, нужно отметить, что Америка породила и своих доморожденных террористов чисто англо-саксонского происхождения.

Современный терроризм вышел далеко за рамки традиционного нагнетания ужаса на население: теперь террористы стремятся нанести максимально возможный материальный ущерб и погубить как можно больше человеческих жизней. К тому же террористическая активность становится все более и более организованной, поэтому современные контр-террористические акции превращаются в настоящую войну с невидимым противником.

Проблема защиты людей, правительственных и экономических объектов, культурных и исторических ценностей от терроризма стала одной из самых главных. При этом следует отметить, что защищающаяся сторона тратит несоизмеримо больше ресурсов, чем нападающая, поэтому вопрос о рациональном распределении средств защиты становится первостепенным. Понятно, что у террористов много преимуществ: они выбирают момент атаки, они выбирают объект атаки, наконец, они выбирают «оружие». Как правило, обороняющийся не знает намерений противника.

Предлагаемая математическая модель развита для решения задачи оптимального распределения защитных ресурсов с целью наилучшей защиты всех потенциальных объектов нападения со стороны террористов. Данная работа является развитием [Ushakov, 2005]. Основные идеи, положенные в основу данного исследования были изложены ранее в [Gnedenko & Ushakov, 1995; I. Ushakov, 1994; И.А. Ушаков, 1985; Ю.Н. Руденко, И.А. Ушаков, 1989; М.В. Козлов и др., 1986; Ю.Н. Руденко, И.А. Ушаков, 1979].

## II. СЛОВЕСНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

### *Типы контр-террористических акций*

Какие типы контр-террористических акций мы хотели бы предположительно рассмотреть? Грубо говоря, они следующие:

1. **Безопасность:** комплекс мер позволяющих создать в стране «антитеррористическую обстановку».
2. **Живучесть:** комплекс мер, позволяющих минимизировать потери в случае произведенного все же, несмотря на меры безопасности, террористического акта.
3. **Превентивные удары** по очагам и базам терроризма, разрушающие их способность действовать.

Безопасность включает меры по предотвращению терактов (проверки в аэропортах, проверка грузов в морских портах, профилированный визовой контроль въезжающих в страну, контроль за их подозрительным перемещением внутри страны, контроль за покупкой материалов, пригодных для изготовления взрывчатых веществ, и т.п.). Цель этих мероприятий – предотвратить опасность терактов за счет максимального исключения проникновения нежелательных элементов в страну и исключение возможности создания средств массового уничтожения.

### Примеры:

- (1) *Либеральный визовой контроль при въезде в США позволил проникнуть в страну и оставаться незамеченными террористам, сотворившим свой гнусный акт 11 сентября 2001 года.*
- (2) *Отсутствие должной проверки документов позволило группе иностранных граждан получить тренировку в летной школе США, что привело позднее к разрушению небоскребов Близнецов в Нью-Йорке и Пентагона в Вашингтоне.*
- (3) *Отсутствие элементарного контроля за покупкой подозрительных материалов дали возможность Мак Вею и Никольсу сделать бомбу и взорвать с ее помощью правительственное здание в Оклахома-Сити, в котором был размещен и детский садик. Было убито много невинных людей, включая детишек...*

Живучесть (возможно, точнее – способность выжить) представляет собой ряд мер, которые необходимы для уменьшения потерь человеческих жизней и понизить панику

Пример: *Когда в октябре 2002 года чеченские боевики захватили около тысячи заложников в одном из московских театров, российские контр-террористические подразделения использовали отравляющий газ в борьбе с ними. Однако, они не позаботились о доставке противоядия, чтобы спасти отравленных заложников.*

Превентивные меры включают политические и экономические санкции.

Примеры:

- (1) *Инспекции ООН в странах, подозреваемых в укрывательстве террористов,*
- (2) *эмбарго по отношению к странам, поддерживающим терроризм,*
- (3) *Прямые вооруженные акции наподобие той, которая была предпринята против Аль-Каиды в Афганистане.*

*Естественно, некоторые необоснованные вооруженные акции типа войны Буша в Ираке могут привести лишь к провокации еще более серьезных террористических актов.*

По нашему убеждению, все стороны этой борьбы с терроризмом должны быть сведены в единую агрегированную модель, которая может помочь тем, кто принимает решение на различных уровнях.

На этом этапе исследования, мы ограничимся моделью защиты единичного объекта.

Сформулируем две следующих задачи:

Прямая задача:

Разместить оптимальным образом имеющиеся ресурсы таким образом, чтобы гарантировать **максимально** возможный уровень безопасности защищаемого объекта против террористической атаки.

Обратная задача:

Разместить оптимальным образом имеющиеся ресурсы таким образом, чтобы гарантировать требуемый (желаемый) уровень безопасности защищаемого объекта против террористической атаки при **минимально** возможном использовании имеющихся ресурсов.

Таким образом, мы нуждаемся в двух целевых функциях:

- Стоимость мер по защите объекта и
- Гарантийный уровень безопасности объекта.

Различные объекты имеют разную важность (приоритет защиты). Например, террористическая атака на стадион во время матча может привести к огромным потерям человеческих жизней; уничтожение моста может породить серьезные коммуникационные проблемы и на значительное время; разрушение национального памятника может нанести существенный моральный ущерб.

В дальнейшем мы предполагаем, что эксперты по контр-терроризму способны оценить стоимость тех или иных защитных мероприятий, величину возможного ущерба в случае совершения теракта, могут оценить приоритеты («веса») защищаемых объектов.

### III. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Предположим, что имеются три четко различимых уровня обеспечения безопасности: государственный, региональный и локальный (индивидуальный). Опять предполагается, что все необходимые входные данные для модели могут быть обеспечены соответствующими экспертами. Введем следующие обозначения:

$F_i$  ( $\phi_i$ ) – субъективная вероятность того, что объект внутри страны будет защищен против террористической атаки типа  $i$  при условии, что на государственном уровне затрачены ресурсы в объеме  $\phi_i$ . (Заметим, что данный тип защиты не применим ко всем объектам страны. Например, контроль за покупкой химикатов, необходимых для производства взрывчатых веществ никак не влияет на возможный угон самолет террористами.);

$S_i^{(k)}$  ( $\sigma_i^{(k)}$ ) – субъективная вероятность того, что объект внутри региона  $k$  объекты защищены против теракта типа  $i$  при условии, что на соответствующие защитные меры в данном регионе потрачены ресурсы в объеме  $\sigma_i^{(k)}$ ;

$L_i^{(k,j)}$  ( $\lambda_i^{(k,j)}$ ) – субъективная вероятность того, что конкретный объект  $j$  региона  $k$  (обозначим этот объект парой индексов “ $k, j$ ”) будет защищен от теракта  $i$ -го типа при условии, что именно на него потрачены ресурсы  $\lambda_i^{(k,j)}$ ;

$W^{(k,j)}$  – “вес” (или “мера приоритетности”) объекта  $(j, k)$ .

### IV. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ: Оценка ожидаемых потерь

На этом этапе мы рассмотрим единичный объект  $j$ , расположенный в регионе  $k$ . Предположим, что на этот объект  $(k, j)$  могут воздействовать только определенные виды террористических атак, которые принадлежат некоторому множеству  $G_{k,j}$ . В условиях неопределенности в части действий террористов, естественно предположить, что террористы будут выбирать направление удара с самой уязвимой стороны. В этом случае степень защиты на государственном уровне равна:

$$F^{(k,j)} = \min \{ F_i, i \in G_{k,j} \}.$$

Рассмотрим теперь региональный уровень (для региона  $k$ ). Используя те же аргументы, можно записать для объекта  $(k, j)$  степень защиты на региональном уровне:

$$S^{(k,j)} = \min \{ S_i, i \in G_{k,j} \}.$$

Предположим, что на локальном уровне степень защиты объекта  $(k, j)$  равна  $L^{(k,j)}$ . (Опустим пока объяснение того, как эта величина может быть рассчитана.) Далее, сделаем предположение, что меры защиты от терроризма, предпринимаемые на каждом уровне (государственном, региональном и локальном) независимы.

Ради конкретности изложения рассмотрим ситуацию с обеспечением безопасности стадиона. Меры на государственном уровне обычно не специфичны для данного объекта (например, визовой контроль), как и меры на региональном уровне, хотя последние порой и имеют более

прямое отношение к защите стадиона (контроль автомобильного движения в городе, наблюдение за подозрительными группировками в регионе). Эти меры создают как бы общий благоприятный (т.е. враждебный по отношению к террористам) фон. Локальные же меры носят вполне конкретный характер и привязаны именно к данному объекту – стадиону: проверка транспорта на подъезде к стадиону, усиленный полицейский патруль, использование собак, натренированных на поиск динамита и пр.

Можно сказать, что на государственном уровне ловится «крупная рыба», на региональном – «рыбка помельче», а на локальном – «маленькая, но очень ядовитая рыбка».

Итак, результирующая вероятность осуществления террористической атаки на стадион понижается каждым из уровней практически независимо, т.е. вероятность обеспечения безопасности объекта  $(k, j)$  может быть записана как:

$$P^{(k, j)} = 1 - (1 - F^{(k, j)}) \cdot (1 - S^{(k, j)}) \cdot (1 - L^{(k, j)}).$$

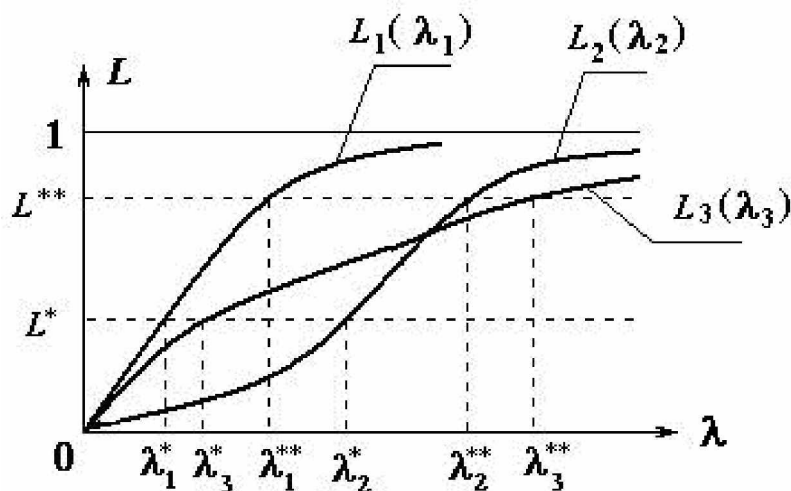
Следовательно, ожидаемый ущерб,  $w^{(k, j)}$ , от возможной атаки в данном случае равен

$$w^{(k, j)} = W^{(k, j)} (1 - P^{(k, j)}).$$

## V. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ: Алгоритм распределения ресурсов

Перейдем теперь к вычислению  $L^{(k, j)}$  и задаче оптимального распределения ресурсов для защиты объекта  $(k, j)$ .

Возьмем  $G_{k, j}$ , множество всех возможных террористических актов против объекта  $(k, j)$ . Пусть на локальном уровне мы знаем функции  $L_i(\lambda_i)$  – субъективные вероятности безопасности объекта  $(j, k)$  в зависимости от затраченных ресурсов  $\lambda_i$  для всех возможных типов атак террористов,  $i \in G_{k, j}$ . (Индекс  $(k, j)$  ниже опущен ради упрощения записи.) Пример таких функций приведен на рисунке ниже.



Рассмотрим сначала обратную задачу оптимизации: достичь заданной (желаемой) степени безопасности объекта за счет мер, принимаемых на локальном уровне. Если требуемая степень безопасности равна  $L^*$ , тогда каждая из функций  $L_1(\lambda_1)$ ,  $L_2(\lambda_2)$  и  $L_3(\lambda_3)$  должны иметь значение не ниже, чем  $L^*$ , поскольку должно выполняться условие

$$\min\{L_1(\lambda_1), L_2(\lambda_2), L_3(\lambda_3)\} \geq L^*.$$

Очевидно, что при минимаксном критерии не имеет смысла ни одно значение  $L_i(\lambda_i)$  иметь выше уровня  $L^*$ . Таким образом, решение задачи сводится к тому, что все  $L_i(\lambda_i) = L^*$ , а затраченные при этом ресурсы равны

$$\lambda^* = \lambda_1^* + \lambda_2^* + \lambda_3^*.$$

Эти затраты являются минимальными для достижения уровня безопасности  $L^*$ .

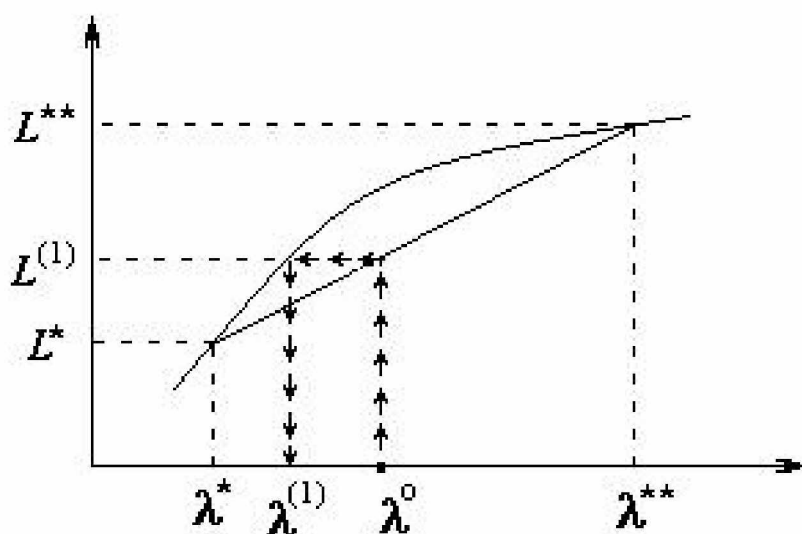
Аналогичным образом, если необходимо достичь уровня безопасности  $L^{**}$ , то необходимо затратить ресурсы:

$$\lambda^{**} = \lambda_1^{**} + \lambda_2^{**} + \lambda_3^{**}.$$

Прямая задача (максимизация безопасности при ограничениях на ресурсы) может быть в результате итеративного процесса, использующего решение обратной задачи. Например, ресурсы, которые отпущены на обеспечение безопасности объекта составляют  $\lambda^0$ . Сначала находятся два произвольных решения обратной задачи оптимизации, скажем,  $L^*$  и  $L^{**}$  с соответствующими им значениями  $\lambda^*$  и  $\lambda^{**}$ . Допустим, что выполняется условие

$$\lambda^* \leq \lambda^0 \leq \lambda^{**}.$$

Применив линейную экстраполяцию, можно найти новое значение  $L^{(1)}$ , использующее значение  $\lambda^0$ , затем опять решить обратную задачу оптимизации и т.д. (см. рисунок ниже).



Если начально найденные значения  $\lambda^*$  и  $\lambda^{**}$  удовлетворяют условиям  $\lambda^* \leq \lambda^{**} \leq \lambda^\circ$  или  $\lambda^\circ \leq \lambda^* \leq \lambda^{**}$ , то очевидно, что процесс нахождения оптимума фактически аналогичен только что описанному.

### ПРИМЕР.

Рассмотрим опять условный пример с обеспечением безопасности стадиона. Допустим, что меры на государственном и региональном уровне (например, тщательная проверка субъектов при выдаче въездных виз, проверка личностей учащихся в школах пилотирования самолетов, наблюдение за подозрительными группировками и т.п.) уже осуществлены.



Предположим, что рассматривается три следующих возможных типа террористических нападений:

- (A) Самоубийца с «шахидским поясом»;
- (B) Автомобиль со взрывчаткой;
- (C) Частный самолет, начиненный взрывчаткой.

Предположим, что возможны следующие (неперекрывающиеся) виды защитных мероприятий:

- $A_1$  – Визуальное наблюдение за подозрительными сумками, одеждой и пр.;
- $A_2$  – Выборочная проверка подозрительных субъектов;
- $A_3$  – Использование собак, тренированных на обнаружение взрывчатки;
- $B_1$  – Полицейский контроль за подъезжающим транспортом;
- $C_1$  – Вертолет, вооруженный противосамолетными ракетами, барражирующий в зоне стадиона.

Вымышленные входные данные (затраты связанные с различной степенью защиты) представлены в таблице ниже.

	СТЕПЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ				
	0.9	0.95	0.99	0.995	0.999
$A_1$	1	2	5	8	12
$A_2$	5	10	25	40	60
$A_3$	-	2	-	5	10
$B_1$	1	-	10	-	20
$C_1$	50	75	125	200	300

Значком “-“ обозначено то, что такой степени защиты не существует (есть уровень выше или ниже), например, АЗ не имеет уровня 0.9 : при затратах в 2 условных единицы стоимости происходит скачок до 0.95.

Для данного примера для достижения степени безопасности, равной 0.95, требуется затратить  $2+10+2+10+75=99$  усл.ед. стоимости. Для достижения степени 0.995 затраты составят  $8+40+5+20+200=273$  усл.ед. стоимости. Сдесь в тексте жирными цифрами обозначены значения, которые приходится выбирать при завышении требуемого уровня, поскольку необходимый уровень отсутствует.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведена схематическая математическая модель, которая при соответствующем развитии может быть полезной для планирования мероприятий по безопасности и оценки эффективности выбранного плана. Следующая фаза исследования будет включать агрегированную модель, включающую множество объектов, выбранных для обеспечения их безопасности при угрозе террористических актов. Естественно, что реализация агрегированной математической модели возможна только с использованием компьютеров из-за огромной размерности задачи.

Наличие компьютерной модели позволит рассмотреть более реалистические постановки, учесть большее число различных факторов, ввести векторные характеристики затрат (людские ресурсы, деньги, материальные средства, а также проводить сценарный анализ различных ситуаций. В рамках развитой математической модели возможен учет влияния разведки о намерениях террористов, роли превентивных ударов по базам террористов и т.п.

## REFERENCES

1. **I.Ushakov** “Cost-effective approach to counter-terrorism”. *Int'l Journal Communication in Dependability and Quality Management* (vol.8, No.3,2005).
2. **B.Gnedenko, I. Ushakov** “Probabilistic Reliability Engineering”. *John Wiley & Sons, Inc., New York*, 1995. (Chapter 8: “Analysis of Performance Effectiveness”).
3. **И.А. Ушаков (ред.)** “Надежность технических систем: Справочник”. *Радио и связь, Москва*, 1985. (Раздел 8.7. «Живучесть сложных систем»).
4. **Ю.Н. Руденко, И.А. Ушаков** “Надежность систем энергетики”. Под ред. Б.В. Гнеденко. *Наука, Новосибирск*, 1989. (Гл. 18 «Модели оценки живучести и безопасности систем энергетики».)
5. **М.В. Козлов, Э.Е. Малашенко, В.С. Рогожин, И.А. Ушаков, Т.В. Ушакова.** “Моделирование живучести систем энергетики: Методология, модель, реализация”. *Вычислительный Центр АН СССР, Москва*, 1986.
6. **Ю.Н. Руденко, И.А. Ушаков** “К вопросу оценки живучести сложных систем энергетики.” *Известия АН СССР, сер. “Энергетика и транспорт”*, №1, 1979.