

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ ОТРАЖЕНИИ АВИАЦИОННОГО НАЛЕТА

THE MODEL ESTIMATES THE OPTIMAL COMPOSITION OF FORCES AND MEANS IN REPELLING AIR ATTACK

V. Tolstykh

Annotation

The examined problem in the article is conditioned by the decision of task of discovery, authentication and distribution of forces and tools on the reflection of the massed rocket aviation blow, is a thorny multivariable problem. Her decision does not have universal methods and models of decision. Therefore in the article a decoupling and selection of criteria of efficiency offer for the estimation of possibilities on the reflection of the massed rocket aviation blow in the conditions of a limit initial information content and limitations in a time of decision-making. It is suggested to use for foregoing problem description the matrix of efficiency with clear determination of vector of the guided and out of control parameters, and also determination of type of convolutional function for the receipt of scalar index of the characterizing efficiency functioning of the system.

Keywords: military control systems, criterias of choice, efficiency matrix.

Толстых Владимир Владимирович

Ст. научный сотрудник,
Военная академия Генерального штаба
Вооруженных Сил РФ

Аннотация

Рассматриваемая проблема в статье обусловлена решением задачи обнаружения, идентификации и распределения сил и средств на отражение массированного ракетного авиационного удара, является сложной многофакторной проблемой. Ее решение не имеет универсальных методов и моделей решения. Поэтому в статье предложена декомпозиция и подбор критериев эффективности для оценки возможностей по отражению массированного ракетного авиационного удара в условиях ограниченного количества исходной информации и ограничениях на время принятия решения. Предлагается использовать для описания вышеуказанной проблемы матрицу эффективности с четким определением вектора управляемых и неуправляемых параметров, а также определение вида сверточной функции в целях получения скалярного показателя характеризующего эффективность функционирования системы.

Ключевые слова:

Военные системы управления, критерии выбора, матрица эффективности.

На сегодняшний день существующие военные системы управления как инструмент, позволяющий оптимально применять средства огневых воздействий, при решении задач отражения массированного авиационного удара, всегда оперируют с неполной исходной информацией. Эти обстоятельства ведут к тому, что средства оценки эффективности результатов применения, того или иного варианта, не могут опираться на детерминированные способы построения этого прогноза. В связи с этим предлагается использовать матрицу эффективности на основе множества критериев оценки хода результата.

Специфические черты систем управления часто не позволяют свести операции, проводимые этими системами, к детерминированным или вероятностным.

Условия оценки эффективности вариантов применения сил и средств в условиях неполной исходной информации можно представить в виде табл. 1, в которой обозначены:

– a_i – вектор управляемых параметров, определяю-

щий свойства системы;

– n_j – вектор неуправляемых параметров, определяющий состояние обстановки (в нашем случае это могут выступать действия противника);

– k_{ij} – значение эффективности системы a_i для состояния обстановки n_j ;

– $K(a_i)$ – эффективность системы (варианта) a_i .

Каждая строка таблицы содержит значения эффективности одной системы для всех состояний обстановки n , а каждый столбец – значения эффективности для всех систем a при одном и том же состоянии обстановки [1, 2].

В неопределенной операции могут быть известны множество состояний обстановки и эффективность систем для каждой из них, но нет данных, с какой вероятностью может появиться то или иное состояние.

Единого критерия оценки эффективности для неопределенных ситуаций не существует. Наиболее часто в неопределенных ситуациях используются критерии [2]:

♦ среднего выигрыша;

Таблица 1.

Матрица эффективности.

| a _i | n _j | | | | K(a _i) |
|----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|--------------------|
| | n ₁ | n ₂ | ... | n ₂ | |
| a ₁ | k ₁₁ | k ₁₂ | ... | k _{1k} | |
| a ₂ | k ₂₁ | k ₂₂ | ... | k _{2k} | |
| ... | | | ... | | |
| a _m | 1m1 | k _{m2} | ... | k _{mk} | |

Таблица 1.

Исходная матрица с результатами частных исходов.

| a _i | n _j | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | n ₁ | n ₂ | n ₃ | n ₄ |
| a ₁ | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.2 |
| a ₂ | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.4 |
| a ₃ | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.3 |

- ◆ Лапласа;
- ◆ осторожного наблюдателя (Вальда);
- ◆ максимакса;
- ◆ пессимизма–оптимизма (Гурвица);
- ◆ минимального риска (Сэвиджа).

Рассмотрим возможность применения матрицы эффективности для оценки исходов вариантов действия при применении авиационных комплексов при отражении воздушных целей. Для этого n₁ – одна воздушная цель, n₂ – две воздушные цели, n₃ – три воздушные цели, n₄ – четыре воздушные цели.

Матрица эффективности представлена в табл. 2.

Критерий среднего выигрыша

Данный критерий предполагает задание вероятностей состояния обстановки p_i. Эффективность систем оценивается как среднее значение оценок эффективности по всем состояниям обстановки [2, 3]:

$$K(a_i) = \sum_{j=1}^l p_j k_{ij} \quad (1)$$

$$K_{\text{опт}} = \max K(a_i).$$

Если p₁=0.4, p₂=0.2, p₃=0.1, p₄=0.3, то получим:

$$K(a_1)=0.21, K(a_2)=0.28, K(a_3)=0.25.$$

Следовательно, вероятность того, что появится в зоне ответственности одна цель p₁=0.4, две цели p₂=0.2, три цели p₃=0.1, четыре цели p₄=0.3.

После обработки результатов эффективность использования первого варианта = 0.21, второго варианта = 0.28, третьего варианта = 0.25.

Оптимальное решение – вариант a₂.

Критерий Лапласа

В основе критерия лежит предположение: поскольку о состояниях обстановки ничего не известно, то их можно считать равновероятными.

$$K(a_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^l k_{ij} \quad (2)$$

$$K_{\text{опт}} = \max K(a_i).$$

Рассчитаем эффективность систем по данному критерию для приведенного примера:

$$K(a_1) = 0,25 (0,1 + 0,5 + 0,1 + 0,2) = 0,225;$$

$$K(a_2) = 0,25 (0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,4) = 0,275;$$

$$K(a_3) = 0,25 (0,1 + 0,4 + 0,4 + 0,3) = 0,3$$

Оптимальное решение – вариант a₃.

Критерий Лапласа представляет собой частный случай критерия среднего выигрыша.

Критерий осторожного наблюдателя (Вальда)

Это максиминный критерий, он гарантирует определенный выигрыш при наихудших условиях. Критерий основывается на том, что, если состояние обстановки неизвестно, нужно поступать самым осторожным образом,

ориентируясь на минимальное значение эффективности каждой системы.

В каждой строке матрицы эффективности находится минимальная из оценок систем по различным состояниям обстановки. Оптимальной считается система из строки с максимальным значением эффективности.

$$K(a_i) = \min k_{ij}, \quad (3)$$

$$K_{\text{опт}} = \max K(a_i).$$

Применение критерия максимина к нашему примеру дает следующие оценки [2]:

$$K(a_1) = \min (0,1; 0,5; 0,1; 0,2) = 0,1;$$

$$K(a_2) = \min (0,2; 0,3; 0,2; 0,4) = 0,2;$$

$$K(a_3) = \min (0,1; 0,4; 0,4; 0,3) = 0,1.$$

Оптимальное решение – вариант a_2 .

Максиминный критерий ориентирует на решение, не содержащее элементов риска: при любом из возможных состояний обстановки выбранная система покажет результат операции не хуже найденного максимина. Такая осторожность является в ряде случаев недостатком критерия. Другой недостаток – добавление постоянного числа к каждому элементу столбца матрицы эффективности влияет на выбор системы.

Критерий максимакса.

Этим критерием предписывается оценивать системы по максимальному значению эффективности и выбирать в качестве оптимального решения систему, обладающую эффективностью с наибольшим из максимумов [2, 3].

$$K(a_i) = \max k_{ij}, \quad (3)$$

$$K_{\text{опт}} = \max K(a_i).$$

Оценки систем на основе максимаксного критерия в нашем примере принимают такие значения:

$$K(a_1) = \max (0,1; 0,5; 0,1; 0,2) = 0,5;$$

$$K(a_2) = \max (0,2; 0,3; 0,2; 0,4) = 0,4;$$

$$K(a_3) = \max (0,1; 0,4; 0,4; 0,3) = 0,4.$$

Оптимальное решение – вариант a_1 .

Критерий максимакса – самый оптимистический критерий. Те, кто предпочитает им пользоваться, всегда надеются на лучшее состояние обстановки и, естественно, в большой степени рискуют.

Критерий пессимизма–оптимизма (Гурвица).

Это критерий обобщенного макси/мини. Согласно данному критерию при оценке и выборе систем неразумно проявлять как осторожность, так и азарт, а следует, учитывая самое высокое и самое низкое значения эффективности, занимать промежуточную позицию (взве-

шиваются наихудшие и наилучшие условия). Для этого вводится коэффициент оптимизма α ($0 < \alpha < 1$), характеризующий отношение к риску лица, принимающего решение. Эффективность систем находится как взвешенная с помощью коэффициента сумма максимальной и минимальной оценок [2]:

$$K(a_i) = \alpha \max k_{ij} + (1 - \alpha) \min k_{ij}. \quad (5)$$

Условие оптимальности записывается в виде

$$K_{\text{опт}} = \max K(a_i), \quad 0 < \alpha < 1. \quad (6)$$

Зададимся значением $\alpha = 0,6$ и рассчитаем эффективность систем для рассматриваемого примера:

$$K(a_1) = 0,34;$$

$$K(a_2) = 0,32;$$

$$K(a_3) = 0,34.$$

Оптимальным вариантом будет a_1 .

Значение α может определяться методом экспертных оценок. Очевидно, что, чем опаснее оцениваемая ситуация, тем ближе величина α должна быть к единице, когда гарантируется наибольший из минимальных выигрышей или наименьший из максимальных рисков.

На практике пользуются значениями коэффициента α в пределах 0,3 - 0,7.

Критерий минимального риска (Сэвиджа)

Минимизирует потери эффективности при наихудших условиях. Для оценки систем на основе данного критерия матрица эффективности должна быть преобразована в матрицу потерь (риска). Каждый элемент матрицы потерь определяется как разность между максимальным и текущим значениями оценок эффективности в столбце [1]:

$$\Delta k_{ij} = \max_i k_{ij} - k_{ij}. \quad (7)$$

После преобразования матрицы используется критерий минимакса:

Оценим эффективность систем из приведенного примера в соответствии с данным критерием. Матрице эффективности будет соответствовать матрица потерь (табл. 3).

Тогда

$$K(a_1) = 0,3; \quad K(a_2) = 0,2; \quad K(a_3) = 0,1.$$

Оптимальное решение – вариант a_1 . Критерий минимального риска отражает сожаление по поводу того, что выбранная система не оказалась наилучшей при определенном состоянии обстановки. Так, если произвести выбор системы a_1 , а состояние обстановки в действительности a_3 , то сожаление, что не выбрана наилучшая из систем (a_3), составит 0,3. О критерии Сэвиджа можно сказать, что он, как и критерий Вальда, относится к числу осторожных критериев.

Таблица 3.

Матрица потерь.

| a_i | p_j | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| | p_1 | p_2 | p_3 | p_4 |
| a_1 | 0.1 | 0 | 0.3 | 0.2 |
| a_2 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| a_3 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 |

По сравнению с критерием Вальда в нем придается несколько большее значение выигрышу, чем проигрышу.

Таким образом, эффективность систем в неопределенных операциях может оцениваться по целому ряду критериев. На выбор того или иного критерия оказывает влияние ряд факторов:

- ◆ природа конкретной операции и ее цель (в одних операциях допустим риск, в других – нужен гарантированный результат);
- ◆ причины неопределенности (одно дело, когда неопределенность является случайным результатом дей-

ствия объективных законов природы, и другое, когда она вызывается действиями разумного противника, стремящегося помешать в достижении цели);

- ◆ характер лица, принимающего решение (одни люди склонны к риску в надежде добиться большего успеха, другие предпочитают действовать всегда осторожно).

Устойчивость выбранного рационального варианта можно оценить на основе анализа по нескольким критериям. Если существует совпадение, то имеется большая уверенность в правильности выбора варианта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзерман М.А., Алескерев Ф.Т. Выбор вариантов (основы теории). М.: Наука, 1990. 236 с.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000. 296 с.
3. Науман Э. Принять решение – но как? М.: Мир, 1987. 198 с.

© В.В. Толстых, (oficer.1978@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Образовательный центр
"Языки и культуры
мира"
Открыт набор на
языковые курсы
www.wlc.vspu.ru

РЕКЛАМА