

UDC 533.6.01

The Choice of Strategy Against Multiple Threats *¹Nikolay A. Baranov²Leonid I. TurchakDorodnicyn Computing Centre of RAS, Russia
119333, Moscow, Vavilova str., 40¹Dr.

E-mail: baranov@ccas.ru

²Dr., Professor

E-mail: turchak@ccas.ru

Abstract. The problem of ranking simultaneous threats is considered. Ranking is performed by the risk of threats; taking into account the time required for the successful counteraction it.

Keywords: risk; risk ranking; identification of threats; damage; time to counter the threat; time to identify threat.

Введение. В процессе функционирования объект может оказаться в ситуации, когда он подвергается опасности от нескольких угроз. При этом уровень ущерба в случае реализации этих угроз и возможности системы по противодействию им различны. В связи с этим возникает проблема выбора стратегии противодействия угрозам с целью минимизации суммарного риска функционирования объекта.

Данная работа продолжает исследования авторов в области исследования риска функционирования систем в условиях внешних угроз [1 – 4].

Будем предполагать, что в момент времени $t = 0$ для некоторого объекта возникают две угрозы. Каждая угроза характеризуется некоторым показателем ущерба u_i , который будет нанесен объекту в случае реализации каждой угрозы i -й угрозы, а также временем до момента начала ее реализации, $i = 1, 2$.

Будем предполагать, что время $\tau \geq 0$ начала реализации i -й угрозы является случайной величиной с плотностью вероятности $q_i(T_i, \tau)$, где T_i - ожидаемое время реализации угрозы.

Объект имеет возможность осуществлять одновременно противодействие только одной из угроз. При этом эффективность противодействия угрозе зависит от располагаемого времени до момента начала ее реализации. В связи с этим возникает задача выбора варианта противодействия угрозам, который минимизирует суммарный риск функционирования объекта.

Объекту на реализацию противодействия угрозе требуется некоторое время, которое складывается из двух времен:

- времени на оценку ситуации и принятие решения t_s ;
- времени непосредственной реализации уклонения от угрозы t_u .

Для каждой угрозы эти времена являются случайными величинами и характеризуются своими законами распределения:

- $\pi_i(t_s)$ - вероятность того, что к моменту времени t_s будет завершена оценка ситуации и принято решение на реализацию противодействия i -й угрозе;
- $\varphi_i(t_u)$ - вероятность того, что к моменту времени объект успешно завершит противодействие i -й угрозе.

* Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 12-07-00697, 13-07-00276) и программы фундаментальных исследований ОМН РАН № 3.

Тогда вероятность того, что объект окажется под воздействием i -й угрозы, определяется двумя факторами:

- вероятностью того, что время до начала осуществления угрозы равно s ;
- вероятностью $\beta_i(t_0, s)$ того, что к моменту времени s объект не успеет уклониться (осуществить противодействие) от угрозы, если оценка ситуации и принятия решения относительно угрозы началась в момент времени t_0 .

Вероятность $\beta_i(t_0, s)$ можно представить в виде

$$\beta_i(t_0, s) = 1 - \int_0^{s-t_0} \pi_i(\tau) \varphi_i(s - t_0 - \tau) d\tau. \quad (1)$$

Вероятность реализации угрозы будет равна

$$p_i(t_0, T_i) = \int_0^{\infty} q_i(T_i, s) \beta_i(t_0, s) ds \quad (2)$$

С учетом (1) соотношение (2) можно представить в виде

$$p_i(t_0, T_i) = 1 - \int_0^{\infty} q_i(T_i, s) \left\{ \int_0^{s-t_0} \pi_i(\tau) \varphi_i(s - t_0 - \tau) d\tau \right\} ds \quad (3)$$

или

$$p_i(t_0, T_i) = 1 - \tilde{p}_i(t_0, T_i)$$

где $\tilde{p}_i(t_0, T_i)$ - вероятность успешного противодействия угрозе.

Рассмотрим в начале случай, когда объект может выполнить противодействие только одной угрозе. В этом случае вторая угроза будет неизбежно реализована.

Тогда в случае выбора стратегии противодействия первой угрозе ожидаемый риск будет равен

$$r_1(T_1, T_2) = u_1 p_1(0, T_1) + u_2, \quad (4)$$

а в случае выбора стратегии противодействия второй угрозе соответственно

$$r_2(T_1, T_2) = u_1 + u_2 p_2(0, T_2). \quad (5)$$

Выбор стратегии противодействия угрозам определяется условием: если

$$r_1(T_1, T_2) < r_2(T_1, T_2), \quad (6)$$

то стратегия противодействия угрозе 1 эффективнее, поскольку обеспечивает меньший уровень ожидаемого риска. В противном случае эффективнее стратегия противодействия угрозе 2.

Вводя в рассмотрение индикатор выбора стратегии χ , который равен 1, если реализуется стратегия противодействия угрозе 1, и равен нулю, если реализуется стратегия противодействия угрозе 2, выражения для суммарного риска можно записать в виде

$$r(\chi, T_1, T_2) = u_1 \{1 - \chi \tilde{p}_1(0, T_1)\} + u_2 \{1 - (1 - \chi) \tilde{p}_2(0, T_2)\}.$$

Если в момент возникновения угроз $t = 0$ выполнено условие (5), то существует момент времени θ , при котором произойдет смена стратегии противодействия угрозам, т.е. более эффективной с точки зрения минимизации риска станет стратегия противодействия угрозе 2. Момент времени θ определяется из условия

$$r_1(T_1 - \theta, T_2 - \theta) < r_2(T_1 - \theta, T_2 - \theta).$$

Из соотношений (4) – (6) вытекают условия, при которых эффективнее каждая из стратегий:

если

$$\tilde{p}_2(0, T_2) < \frac{u_1}{u_2} \tilde{p}_1(0, T_1),$$

то эффективнее стратегия 1;

$$\tilde{p}_1(0, T_1) < \frac{u_2}{u_1} \tilde{p}_2(0, T_2),$$

то эффективнее стратегия 2.

Рассмотрим теперь случай, когда объект может осуществляться последовательное противодействие угрозам: после осуществления противодействия i -й угрозе в соответствии с выбранной стратегией, он выполняет противодействие другой угрозе в случае, если у него на это достаточно времени.

Момент времени ϑ начала оценки ситуации и принятия решения о противодействии второй угрозе определяется двумя группами событий:

- к моменту времени ϑ противодействие первой угрозе не было завершено, и эта угроза была реализована;

- к моменту времени ϑ противодействие первой угрозе было завершено.

Тогда вероятность реализации j -й угрозы, противодействие которой осуществляется вначале, определяется выражением (2), а вероятность реализации i -й угрозы, противодействие которой осуществляется на втором этапе, определяется выражением вида

$$w_i(t_0, T_i) = \int_0^\infty q_j(T_j, \vartheta) \beta_j(0, \vartheta) \left\{ \int_0^\infty q_i(T_i, s) \beta_i(\vartheta, s) ds \right\} d\vartheta + \\ + \int_0^\infty \left(1 - \int_0^\vartheta q_j(T_j, s) ds \right) \left\{ 1 - \beta_j(0, \vartheta) \right\} \left\{ \int_0^\infty q_i(T_i, s) \beta_i(\vartheta, s) ds \right\} d\vartheta.$$

Суммарный риск реализации стратегии будет равен

$$r_{ji}(T_j, T_i) = u_j p_j(0, T_j) + u_i w_i(0, T_i).$$

Тогда если выполнено условие

$$p_1(0, T_1) - w_1(0, T_1) < \frac{u_2}{u_1} (p_2(0, T_2) - w_2(0, T_2)),$$

то на первом этапе осуществляется противодействие угрозе 1.

Примечания:

1. Baranov N.A. Optimization of the Safety Cost for Technical Systems by the Criterion of Minimum Risk // European Researcher. 2011. № 5-1. P. 488-490.

2. Баранов Н.А., Васильев И.В., Полянский В.В., Семенов И.М. Марковские модели для оценки показателей безопасности функционирования сложных авиационных систем. // Вестник Московского авиационного института. 2011. Т. 18. № 5. С. 5-12.

3. Баранов Н.А., Васильев И.В. Модель динамики риска с учетом возможностей системы по идентификации опасных внешних воздействий // Нелинейный мир. 2011. т. 9. № 12. с. 801-806.

4. Баранов Н.А., Северцев Н.А. Управление состоянием готовности системы безопасности к отражению угрозы // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2012. Т. 1. С. 8-10.

УДК 533.6.01

Выбор стратегии противодействия множественным угрозам

¹ Николай Алексеевич Баранов

² Леонид Иванович Турчак

¹⁻² Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Россия
119333, Москва, ул. Вавилова, 40

¹ Доктор технических наук

E-mail: baranov@ccas.ru

² Доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: turchak@ccas.ru

Аннотация. Рассматривается задача ранжирования одновременных возникших угроз. Ранжирование осуществляется по степени риска реализации угрозы с учетом времени, которое необходимо для успешного уклонения от угрозы или противодействия ей.

Keywords: риск; множественные угрозы; идентификация угрозы; ущерб; время противодействия угрозе; время идентификации угрозы.