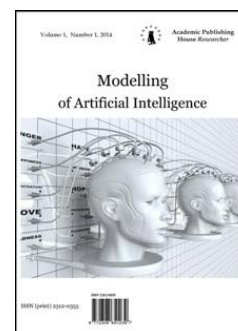


Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
 Modeling of Artificial Intelligence
 Has been issued since 2014.
 ISSN: 2312-0355
 Vol. 4, No. 4, pp. 159-164, 2014

DOI: 10.13187/mai.2014.4.159

www.ejournal11.com

UDC 533.6.01

The Optimization Problem of the Time and Level of the Security Upgrades

Nikolay A. Baranov

Institution of Russian Academy of Sciences Dorodnicyn Computing Centre of RAS, Russian Federation
 Doctor of technical sciences
 119333, Moscow, Vavilova str., 40
 E-mail: baranov@ccas.ru

Abstract

We consider the problem of choosing the optimal time and level of security upgrades. It is assumed that during the operation the threats counteraction efficiency is reduced, but it is possible for a given time interval to upgrade the security system to improve its performance. The upgrade criterion is to minimize costs associated with the counteraction to threats, modernization and risk of threats.

Keywords: risk; safety system; security upgrades; damage; upgrade costs; time to counter the threat; time of security upgrades; level of security upgrades; threats counteraction efficiency.

Введение

Многие системы, которые функционируют в условиях воздействия внешних угроз, снижают свою производительность как в процессе отражения внешних воздействия, так и в результате нанесения им ущерба внешними угрозами [1, 2, 8-10]. С другой стороны, с течением времени уровень эффективности противодействия угрозам, как правило, неуклонно падает. Это может быть обусловлено моральным и физическим старением системы противодействия угрозам, появлением новых угроз и другими факторами. Вместе с тем с течением времени появляется технологическая возможность провести модернизацию системы, которая, в свою очередь, с одной стороны требует материальных затрат, а с другой не позволяет некоторое время использовать модернизируемую систему по своему целевому назначению, что также сопряжено с материальными потерями.

Кроме того, глубина модернизации системы может быть различной: чем более высокий уровень эффективности противодействия внешним угрозам мы хотим обеспечить, тем более существенной должна быть модернизация и больший уровень затрат на ее осуществление.

В связи с этим возникает задачи выбора момента времени, когда целесообразно провести модернизацию системы с точки зрения повышения эффективности противодействия внешним угрозам, и определения глубины проводимой модернизации.

Постановка задачи

Будем предполагать, что в процессе функционирования система подвергается внешним угрозам с интенсивностью $\mu(t)$ [3, 4]. В случае возникновения угрозы система оказывает ей противодействие. Реализация угрозы приводит к нанесению системе ущерба d_1 , который может быть выражен в виде некоего стоимостного показателя. Время, которое необходимо внешней угрозе, чтобы нанести системе ущерб, является случайной величиной с функцией распределения $f(t)$.

Время, необходимое системе для успешного отражения угрозы, представляет собой случайную величину с законом распределения $g(t)$. Отражение угрозы требует от системы затрат, выражаемых стоимостным показателем d_0 . Эффективность функционирования системы в условиях отсутствия внешних угроз характеризуется производительностью w_0 , которая определяет прибыль в результате выполнения задачи. Если система находится в состоянии отражения угрозы, ее производительность равна w_1 .

Все стоимостные показатели измеряются в ценах, соответствующих моменту начала эксплуатации системы.

Будем предполагать, что уровень инфляции в течение времени эксплуатации системы постоянен и равен r , а коэффициент дисконтирования равен i [5, 6, 7]. Тогда показатели ущерба и эффективности функционирования системы, соответствующие моменту времени $t > 0$, приведенные к моменту времени $t = 0$, соответствующему моменту начала эксплуатации системы, будут соответственно равны

$$\tilde{d}_0(t) = d_0\gamma^t, \quad \tilde{d}_1(t) = d_1\gamma^t, \quad \tilde{w}_0(t) = w_0\gamma^t, \quad \tilde{w}_1(t) = w_1\gamma^t, \quad (1)$$

где

$$\gamma = \frac{1+r}{1+i}.$$

Введем в рассмотрение следующие величины:

$\chi(t) = -\frac{f'(t)}{f(t)}$ - интенсивность процесса окончания воздействия внешней угрозы;

$\nu(t) = -\frac{g'(t)}{g(t)}$ - интенсивность процесса успешного отражения внешней угрозы;

вероятности $p_0(t)$, $p_1(t)$ функционирования системы в условиях отсутствия внешней угрозы и в условиях ее отражения соответственно.

Изменение вероятностей $p_0(t)$, $p_1(t)$ описывается системой уравнений вида

$$\begin{aligned} \frac{dp_0(t)}{dt} &= -\mu(t)p_0(t) + (\chi(t) + \nu(t))p_1(t), \\ \frac{dp_1(t)}{dt} &= \mu(t)p_0(t) - (\chi(t) + \nu(t))p_1(t). \end{aligned} \quad (2)$$

Изменение суммарного ожидаемого риска $R(t)$ будет описываться уравнением вида

$$\frac{dR(t)}{dt} = (d_1\chi(t) + d_0\nu(t))\gamma^t p_1(t), \quad (3)$$

а суммарной прибыли $W(t)$, полученной в процессе функционирования системы, – уравнением вида

$$\frac{dW(t)}{dt} = \gamma^t (w_0 p_0(t) + w_1 p_1(t)). \quad (4)$$

Предположим, что в процессе функционирования системы эффективность ее противодействия внешним угрозам снижается, так что

$$\frac{dv(t)}{dt} < 0.$$

Будем предполагать, что на интервале времени эксплуатации системы $[0, T]$ имеется возможность в некоторый момент времени t_1 провести модернизацию системы, в результате которой будет обеспечено повышение эффективности противодействия внешним угрозам, т.е.

$$v(t) = \begin{cases} v_0(t), & \text{если } t < t_1, \\ v_1(t), & \text{если } t \geq t_1. \end{cases}$$

Будем предполагать, что

$$v_0(t) = v_0 h(t), \quad v_1(t) = v_1 h(t - t_1), \quad h(0) = 1 \quad (5)$$

и введем в рассмотрение величину, характеризующую уровень модернизации:

$$\Delta(v_1, t_1) = v_1 - v_0 h(t_1).$$

Будем предполагать, что проведение модернизации сопряжено с затратами, которые являются функцией от уровня модернизации $\Delta(v_1, t_1)$:

$$z(v_1, t_1) = z(\Delta(v_1, t_1)).$$

Параметры v_1 , t_1 будем рассматривать как управляющие параметры процесса модернизации системы и определять как решения оптимизационной задачи вида

$$\min_{v_1, t_1} \left\{ z(v_1, t_1) \gamma^{t_1} + R(T) \right\} \quad (6)$$

либо оптимизационной задачи вида

$$\max_{v_1, t_1} \left\{ \frac{W(T)}{z(v_1, t_1) \gamma^{t_1} + R(T)} \right\}. \quad (7)$$

Численный анализ

Рассмотрим частный пример, показывающий влияние управляющих параметров v_1 , t_1 на значения критериальных функций оптимизационных задач (6), (7).

Будем предполагать, что интенсивности появления и реализации угроз являются постоянными величинами $\mu(t) \equiv \mu = 1$, $\chi(t) \equiv \chi = 2$, а функция $h(t)$ имеет вид

$$h(t) = \exp(-\alpha t^\beta).$$

Вместо величины $\Delta(v_1, t_1)$ будем рассматривать относительную величину $\bar{\Delta}(v_1, t_1)$, равную

$$\bar{\Delta}(v_1, t_1) = 1 - \frac{v_0}{v_1} h(t_1).$$

Значение v_1 примем равным $v_1 = 15$. Величины ущерба и затрат на отражение угрозы, а также показатели производительности системы примем равными

$$d_0 = 1, \quad d_1 = 1000, \quad w_0 = 100, \quad w_1 = 0,1 * w_0.$$

Зависимости значений критериальных функций задач (6), (7) от момента модернизации при различных значениях показателя $\bar{\Delta}$ показаны на рис. 1, 2 ($r = 0,1$, $i = 0,12$, $\alpha = 0,2$, $\beta = 3$).

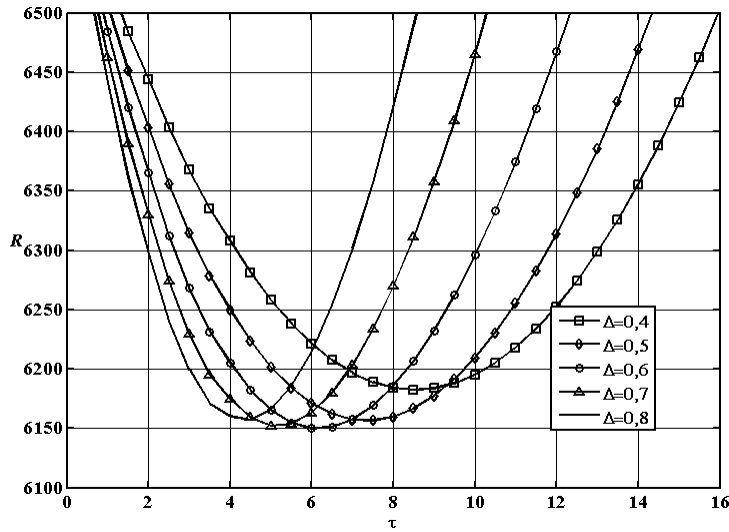


Рис. 1. Величина риска как функция момента модернизации

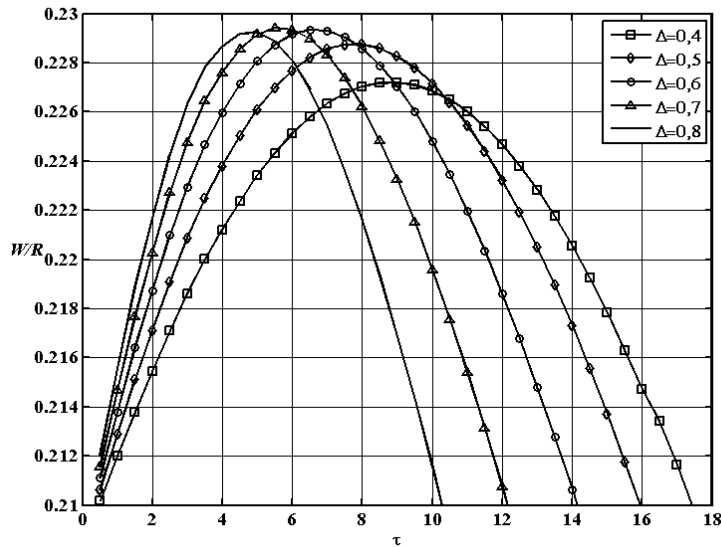


Рис. 2. Соотношение «эффективность-риск» как функция момента модернизации

В частности, из рис. 1, 2 видно, что решение задачи (7) дает оптимальное решение, которое требует более глубокого уровня модернизации системы безопасности, проводимой в более ранние сроки.

Если через $v_R^{(*)}$, $t_R^{(*)}$ и $v_{W/R}^{(*)}$, $t_{W/R}^{(*)}$ обозначить решения задач (6) и (7) соответственно, то при выбранных значениях параметров задачи справедливы соотношения

$$v_R^{(*)} \leq v_{W/R}^{(*)}, t_R^{(*)} \geq t_{W/R}^{(*)}.$$

Благодарности

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

Примечания:

1. Баранов Н.А., Бецков А.В., Северцев Н.А. Управление состоянием готовности системы безопасности к отражению угрозы. //Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 12 (186). С. 88-91.
2. Баранов Н.А., Бецков А.В., Северцев Н.А. Задача оптимизации времени перевода системы безопасности в состояние готовности к отражению угрозы. //Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 12 (186). С. 82-87.
3. Baranov N.A. Optimization of the Safety Cost for Technical Systems by the Criterion of Minimum Risk. //European researcher = Европейский исследователь. 2011. Т. 1. № 5. С. 488-490.
4. 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.
5. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2008.
6. Баранов Н.А., Турчак Л.И. Численное решение уравнения Колмогорова-Феллера//Вычислительная математика и математическая физика. 2007. Т.47. №7. С. 1221-1228.
7. Баранов Н.А., Турчак Л.И. Численное решение уравнения Колмогорова-Феллера с сингулярными особенностями//Вычислительная математика и математическая физика. 2010. Т.50. №2. С. 347-351.
8. Баранов Н.А., Турчак Л.И. Методы анализа функциональной безопасности сложных технических систем. М.: ВЦ РАН, 2006, 186 с.
9. Баранов Н.А., Северцев Н.А. Основы теории безопасности динамических систем. М.: ВЦ РАН, 2008, 237 с.
10. Дивеев А. И., Северцев Н. А. Универсальные оценки безопасности. М.: РУДН, 2005, 88 с.

References:

1. Baranov N.A., Betskov A.V., Severtsev N.A. Upravlenie sostoyaniem gotovnosti sistemy bezopasnosti k otrazheniyu ugrozy. //Nauchnyi vestnik MGTU GA. 2012. № 12 (186). S. 88-91.
2. Baranov N.A., Betskov A.V., Severtsev N.A. Zadacha optimizatsii vremeni perevoda sistemy bezopasnosti v sostoyanie gotovnosti k otrazheniyu ugrozy. //Nauchnyi vestnik MGTU GA. 2012. № 12 (186). S. 82-87.
3. Baranov N.A. Optimization of the Safety Cost for Technical Systems by the Criterion of Minimum Risk. //European researcher = Evropeiskii issledovatel'. 2011. Т. 1. № 5. S. 488-490.
4. Baranov N.A., Vasil'ev I.V., Polyanskii V.V., Semenov I.M. Markovskie modeli dlya otsenki pokazatelei bezopasnosti funktsionirovaniya slozhnykh aviatsionnykh sistem. //Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta. 2011. Т. 18. № 5. S. 5-12.
5. Vilenskii P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov. Teoriya i praktika. M.: Delo, 2008.
6. Baranov N.A., Turchak L.I. Chislennoe reshenie uravneniya Kolmogorova-Fellera//Vychislitel'naya matematika i matematicheskaya fizika. 2007. Т.47. №7. S. 1221-1228.
7. Baranov N.A., Turchak L.I. Chislennoe reshenie uravneniya Kolmogorova-Fellera s singulyarnymi osobennost'yami//Vychislitel'naya matematika i matematicheskaya fizika. 2010. Т.50. №2. S. 347-351.
8. Baranov N.A., Turchak L.I. Metody analiza funktsional'noi bezopasnosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem. M.: VTs RAN, 2006, 186 s.
9. Baranov N.A., Severtsev N.A. Osnovy teorii bezopasnosti dinamicheskikh sistem. M.: VTs RAN, 2008, 237 s.
10. Diveev A. I., Severtsev N. A. Universal'nye otsenki bezopasnosti. M.: RUDN, 2005, 88 s.

УДК 533.6.01

Оптимизация времени и уровня модернизации системы безопасности

Николай Алексеевич Баранов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской академии наук, Российская Федерация
Доктор технических наук
119333, Москва, ул. Вавилова, 40
E-mail: baranov@ccas.ru

Аннотация. Рассматривается задача выбора оптимальных момента и уровня модернизации системы безопасности. Предполагается, что в процессе эксплуатации эффективность противодействия внешним угрозам снижается, но имеется возможность на заданном интервале времени провести модернизацию системы безопасности с целью повышения ее эффективности. Критерием модернизации является минимизация затрат, связанных с отражением угроз, проведением модернизации и риском реализации внешних угроз.

Ключевые слова: риск; система безопасности; модернизация системы безопасности; ущерб; затраты на модернизацию; время противодействия угрозе; момент модернизации; уровень модернизации; эффективность противодействия угрозам.