

УДК 519.852.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.42.3.021](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.42.3.021)

Формализация модели информационной безопасности предприятия в виде многокритериальной задачи линейного программирования

М.П. Базилевский✉, П.Н. Наседкин

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск,
Российская Федерация*

Резюме. Ранее авторами была предложена методика оценки функциональной эффективности подсистемы программно-технических решений (ПТР) комплексной системы защиты информации (КСЗИ) предприятия. С помощью нее можно оценить не только общую эффективность подсистемы ПТР КСЗИ, но и эффективности таких ее компонент, как подсистемы и их функции. В данной статье на основе предложенной методики сформулирована оптимизационная модель информационной безопасности предприятия в виде многокритериальной задачи линейного программирования. Целевыми функциями в ней выступают оценки эффективностей всех возможных компонент подсистемы ПТР КСЗИ. Переменными являются ожидаемые оценки аудиторов после будущей модернизации КСЗИ и затраты, обеспечивающие соответствующие оценки. Решение этой задачи дает ответ на вопрос, как распределить имеющуюся сумму денежных средств так, чтобы максимизировать не только эффективность подсистемы ПТР КСЗИ, но и эффективности всех ее компонент. Предложенная многокритериальная задача сведена к однокритериальной, в которой вместо максимизации всех критериев эффективности максимизируется минимальный из них. Также предложена задача, решение которой дает ответ на вопрос о том, какие минимальные затраты необходимы, чтобы обеспечить заданный уровень эффективности подсистемы ПТР КСЗИ и всех ее компонент.

Ключевые слова: информационная безопасность, оценка эффективности защиты информации, объект воздействия, оптимизационная модель, линейное программирование.

Для цитирования: Базилевский М.П., Наседкин П.Н. Формализация модели информационной безопасности предприятия в виде многокритериальной задачи линейного программирования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1431> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.021

Formalization of the enterprise information security model in the multicriteria linear programming problem form

M.P. Bazilevskiy✉, P.N. Nasedkin

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

Abstract. Previously, the authors proposed a methodology for assessing the functional efficiency of the software and technical solutions (STS) subsystem of an information security complex system (ISCS) of an enterprise. Using it makes it possible to evaluate not only the overall efficiency of the ISCS STS subsystem, but also the efficiency of its components, such as subsystems and their functions. In this article, based on the proposed methodology, an optimization model of enterprise information security is formulated in the form of a multicriteria linear programming problem. Its target functions are the efficiency estimations of all possible components of the ISCS STS subsystem. The variables are the expected estimates of the auditors after modernizing the ISCS and the costs that provide the corresponding estimates. The solution to this problem gives an answer to the question of how to distribute the available amount of funds in such a way as to maximize not only the efficiency of the ISCS STS subsystem, but also the efficiency of all its components. The proposed multi-criteria problem

is reduced to a single-criteria problem, in which, instead of maximizing all efficiency criteria, the minimum of them is maximized. A problem is also proposed, the solution to which gives an answer to the question of what minimum costs are necessary to ensure a given level of efficiency of the ISCS STS subsystem and all its components.

Keywords: information security, assessment of the information security efficiency, object of influence, optimization model, linear programming.

For citation: Bazilevskiy M.P., Nasedkin P.N. Formalization of the enterprise information security model in the multicriteria linear programming problem form. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1431> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.021 (In Russ.).

Введение

Проблема обеспечения информационной безопасности (ИБ) предприятий чрезвычайно актуальна на сегодняшний день. Для ее решения, в первую очередь, необходимы комплексные и эффективные методики и алгоритмы оценки степени защищенности. Одна из возможных методик оценки эффективности уровня защищенности программно-технических решений (ПТР) комплексной системы защиты информации (КСЗИ) предложена в работе [1]. Ее достоинство в том, что она помогает оценить не только общий уровень эффективности подсистемы ПТР КСЗИ, но и эффективности таких ее компонент, как подсистемы и их функции. Такая особенность наводит на мысль, что для полноценного повышения уровня ИБ предприятия необходимо максимизировать не только главный показатель эффективности, но одновременно и все эффективности отдельных компонент, т.е. возникает необходимость в формализации многокритериальной задачи оптимизации методами математического программирования [2].

Следует отметить, что аппарат математического программирования довольно часто применяется при построении математических моделей ИБ предприятий. Так, например, в [3, 4] представлена оптимизационная модель в виде задачи линейного программирования (ЛП), в которой целевой функцией выступает суммарный риск отказа системы, в [5] – в виде задачи ЛП, в которой целевая функция задается как сумма произведений рисков воздействия угроз на количество ресурсов, в [6] – в виде задачи динамического программирования, целевая функция которой есть сумма эффективностей мероприятий по управлению безопасностью, в [7] – в виде задачи ЛП, в которой минимизируются суммарные затраты на обеспечение ИБ.

В [3-7] оптимизация осуществляется только по одному критерию. Но есть работы, в которых авторы формализуют задачи математического программирования с несколькими критериями. Например, в [8] сформулирована задача нелинейного программирования, в которой критерием оптимизации выступает обобщенный критерий эффективности, предполагающий как максимизацию рентабельности инвестиций в ИБ, так и минимизацию прибыли злоумышленника при реализации атаки. В [9] сформулирована двухкритериальная задача линейного программирования, позволяющая как осуществить оценку экономического потенциала, так и минимизировать риски реализации угроз ИБ.

Таким образом, цель работы состоит в формализации на основе методики, предложенной в [1], модели ИБ предприятия в виде многокритериальной задачи ЛП, а также демонстрация ее решения на небольшом примере.

Многокритериальная задача ЛП

Для формализации задачи ЛП сначала кратко рассмотрим методику оценки функциональной эффективности подсистемы ПТР КСЗИ предприятия, предложенную в [1]. Имеется 9 подсистем ПТР. Каждая подсистема характеризуется некоторым количеством функций. Введем вектор $V = (3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 1)$, элемент v_i ($i = \overline{1, 9}$) которого показывает количество функций, выполняемых i -й подсистемой. Каждая функция, в свою очередь, характеризуется некоторым количеством комплексов защиты информации. Введем множества M_i^j , содержащие номера комплексов, связанных с j -й функцией i -й подсистемы: $M_1^1 = \{1, 4, 8, 10, 14, 15\}$, $M_1^2 = \{1, 5\}$, $M_1^3 = \{6, 8\}$, $M_2^1 = \{1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15\}$, $M_2^2 = \{1, 15\}$, $M_3^1 = \{1, 12, 13\}$, $M_3^2 = \{1, 12, 13\}$, $M_4^1 = \{2\}$, $M_4^2 = \{8\}$, $M_5^1 = \{1, 15\}$, $M_5^2 = \{15\}$, $M_6^1 = \{11\}$, $M_6^2 = \{11\}$, $M_7^1 = \{12\}$, $M_7^2 = \{12\}$, $M_8^1 = \{8\}$, $M_8^2 = \{9\}$, $M_8^3 = \{6, 7, 8, 9\}$, $M_9^1 = \{3, 7\}$. С использованием БДУ ФСТЭК России (<https://bdu.fstec.ru/files/documents/thrlist.xlsx>) сформирован список из 58 объектов воздействия. Для связи объектов воздействия с подсистемами, функциями и комплексами конкретного предприятия нужно заполнить бинарный четырехмерный массив D , состоящий из элементов δ_{ijkp} , $i = \overline{1, 9}$, $j = \overline{1, v_i}$, $k \in M_i^j$, $p = \overline{1, 58}$, i – номер подсистемы, j – номер функции, k – номер комплекса, p – номер объекта воздействия. Элементы вносятся по правилу:

$$\delta_{ijkp} = \begin{cases} 1, & \text{если для } j\text{-й функции } i\text{-й подсистемы} \\ & k\text{-й комплекс связан с } p\text{-м объектом воздействия;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Для определения уровня эффективности подсистемы ПТР КСЗИ предприятия привлекаются эксперты (аудиторы) в области ИБ. Их задача состоит в оценке совокупной работы комплексов по обеспечению ИБ. Иными словами, аудиторы должны назначить коэффициенты $0 \leq d_{ijk} \leq 1$, $i = \overline{1, 9}$, $j = \overline{1, v_i}$, $k \in M_i^j$, означающие уровень задействованности k -го комплекса в обеспечении j -й функции i -й подсистемы. Если $d_{ijk} = 1$, то комплекс полностью задействован, а если $d_{ijk} = 0$, то комплекс полностью не задействован.

После чего вычисляются доли связей каждого комплекса одного типа с объектами воздействия в общем числе связей всех комплексов j -й функции i -й подсистемы по формулам

$$N_{ijk}^1 = \begin{cases} \frac{\sum_{p=1}^{58} \delta_{ijkp}}{\sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{ijsp}}, & \text{если } \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{ijsp} \neq 0, \\ 0, & \text{если } \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{ijsp} = 0, \end{cases} \quad i = \overline{1, 9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j,$$

затем для каждой функции – доли общего числа связей всех ее комплексов разного типа с объектами воздействия в общем числе связей всех комплексов i -й подсистемы по формулам

$$N_{ij}^2 = \begin{cases} \frac{\sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{ijsp}}{\sum_{t=1}^{v_i} \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{itsp}}, & \text{если } \sum_{t=1}^{v_i} \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{itsp} \neq 0, \\ 0, & \text{если } \sum_{t=1}^{v_i} \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{itsp} = 0, \end{cases} \quad i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i},$$

и, наконец, для каждой подсистемы доли общего числа связей всех ее комплексов разного типа с объектами воздействия в общем числе связей всех комплексов по формулам

$$N_i^3 = \begin{cases} \frac{\sum_{t=1}^{v_i} \sum_{s \in M_i^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{itsp}}{\sum_{s=1}^9 \sum_{j=1}^{v_s} \sum_{k \in M_s^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{sjkp}}, & \text{если } \sum_{s=1}^9 \sum_{j=1}^{v_s} \sum_{k \in M_s^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{sjkp} \neq 0, \\ 0, & \text{если } \sum_{s=1}^9 \sum_{j=1}^{v_s} \sum_{k \in M_s^j} \sum_{p=1}^{58} \delta_{sjkp} = 0, \end{cases} \quad i = \overline{1,9}.$$

После чего вычисляются эффективности каждого уровня функций по формулам

$$\mathcal{E}_{ij} = \sum_{k \in M_i^j} N_{ijk}^1 \cdot d_{ijk}, \quad i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, \quad (1)$$

эффективности каждого уровня подсистем по формулам

$$\mathcal{E}_i = \sum_{j=1}^{v_i} N_{ij}^2 \cdot \mathcal{E}_{ij}, \quad i = \overline{1,9}, \quad (2)$$

и, наконец, оценка функциональной эффективности уровня защищенности подсистемы ПТР КСЗИ по формуле

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^9 N_i^3 \cdot \mathcal{E}_i. \quad (3)$$

Все показатели \mathcal{E}_{ij} , $i = \overline{1,9}$, $j = \overline{1, v_i}$, \mathcal{E}_i , $i = \overline{1,9}$, и \mathcal{E} принимают значения от 0 до 1. Если $\mathcal{E} = 1$, то уровень защищенности ПТР КСЗИ обеспечивается в полном объеме, а если $\mathcal{E} = 0$, то защищенность полностью не обеспечивается.

При решении конкретной задачи эффективность \mathcal{E} может получиться равной, например, 0,612. Естественным образом возникает вопрос о том, как эту эффективность повысить. Понятно, что такое повышение будет зависеть от финансовых возможностей предприятия, а именно от того, какие затраты оно готово понести на приобретение, развертывание и обслуживание своей системы ИБ. В идеальном случае, если денег неограниченно много, то не составляет никакого труда показатель эффективности \mathcal{E} сделать равным 1. В реальном случае предприятие готово тратить на модернизацию своей системы безопасности ограниченную сумму денег, т. е. присутствует так называемое бюджетное ограничение. Поэтому возникает задача максимизации уровня информационной защищенности предприятия при ограниченных финансовых ресурсах.

Предположим, что если оценка аудитора d_{ijk} меньше 1, то для того, чтобы обеспечить в будущем полную задействованность данного комплекса, достаточно затратить $c_{ijk}^{\text{дост}}$ условных денежных единиц. Эти затраты могут назначить работники соответствующих финансовых отделов предприятия на основе рекомендаций аудиторов.

Таким образом, если затратить $\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{v_i} \sum_{k \in M_i^j} c_{ijk}^{\text{дост}}$ условных денежных единиц, то показатель

Θ будет равен 1, т. е. обеспечится полная защищенность подсистемы ПТР КСЗИ. Однако на повышение уровня ИБ есть ограниченная сумма денег – W условных денежных единиц, причем, $W < \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{v_i} \sum_{k \in M_i^j} c_{ijk}^{\text{дост}}$. В таком случае обеспечить полную защищенность

не получится, но хотелось бы распределить имеющиеся финансы так, чтобы она была максимальна. Обозначим d_{ijk}^* – ожидаемые оценки аудиторов после будущей модернизации КСЗИ, а c_{ijk} – затраты, обеспечивающие соответствующие ожидаемые оценки.

Будем считать, что затраты и ожидаемые оценки связаны линейными функциональными зависимостями:

$$c_{ijk} = b_{ijk}^0 + b_{ijk}^1 \cdot d_{ijk}^*, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j, \quad (4)$$

где $b_{ijk}^0, b_{ijk}^1, i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, k \in M_i^j$ – неизвестные параметры.

Отметим, что в работах [3, 4] аналогичным образом вводятся линейные зависимости рисков отказа работоспособности системы от затрат.

Допустим, что деньги не будут вкладываться, тогда ожидаемая оценка не изменится, т. е. если $c_{ijk} = 0$, то $d_{ijk}^* = d_{ijk}$. А если на модернизацию будет затрачена достаточная сумма денежных средств, то это обеспечит полную задействованность данного комплекса, т. е. если $c_{ijk} = c_{ijk}^{\text{дост}}$, то $d_{ijk}^* = 1$. Используя эту информацию, нетрудно найти неизвестные параметры зависимостей (4):

$$b_{ijk}^1 = \frac{c_{ijk}^{\text{дост}}}{1 - d_{ijk}}, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j,$$

$$b_{ijk}^0 = \frac{-c_{ijk}^{\text{дост}} \cdot d_{ijk}}{1 - d_{ijk}}, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j.$$

Тогда зависимости (4) можно переписать следующим образом:

$$c_{ijk} = \frac{-c_{ijk}^{\text{дост}} \cdot d_{ijk}}{1 - d_{ijk}} + \frac{c_{ijk}^{\text{дост}}}{1 - d_{ijk}} \cdot d_{ijk}^*, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j. \quad (5)$$

Введем линейные ограничения на ожидаемые оценки аудиторов:

$$d_{ijk} \leq d_{ijk}^* \leq 1, \quad i = \overline{1,9}, \quad j = \overline{1, v_i}, \quad k \in M_i^j. \quad (6)$$

Бюджетное ограничение имеет вид:

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{v_i} \sum_{k \in M_i^j} c_{ijk} \leq W. \quad (7)$$

Если максимизировать только общий уровень эффективности подсистемы ПТР КСЗИ, т. е. решать задачу $\mathcal{E} \rightarrow \max$, то при этом эффективности функций \mathcal{E}_{ij} , $i = \overline{1,9}$, $j = \overline{1, v_i}$, и эффективности подсистем \mathcal{E}_i , $i = \overline{1,9}$, могут оказаться низкими, что в целом негативно характеризует КСЗИ предприятия. Если в системе есть хоть одно слабое звено, то злоумышленник может использовать его для получения доступа к конференциальной информации или проведения кибератаки на предприятие. Поэтому введем следующие целевые функции:

$$\mathcal{E}_{ij} \rightarrow \max, i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, \quad \mathcal{E}_i \rightarrow \max, i = \overline{1,9}, \quad \mathcal{E} \rightarrow \max, \quad (8)$$

где переменные \mathcal{E}_{ij} находятся по формулам (1), в которых оценки d_{ijk} заменены на d_{ijk}^* , переменные \mathcal{E}_i – по формулам (2), переменная \mathcal{E} – по формуле (3).

Таким образом, сформулирована многокритериальная задача ЛП с целевыми функциями (8), линейными ограничениями (5)-(7) и условиями неотрицательности переменных $d_{ijk}^* \geq 0$, $c_{ijk} \geq 0$, $i = \overline{1,9}$, $j = \overline{1, v_i}$, $k \in M_i^j$. Общее количество целевых функций составляет 29. Решение этой задачи дает ответ на вопрос, как распределить имеющуюся сумму W , чтобы максимизировать эффективность и подсистемы ПТР КСЗИ, и эффективности всех ее компонент.

В монографии [10] отмечено, что наиболее часто используемыми на практике способами решения линейной многокритериальной задачи являются многокритериальный симплекс-метод и минимизация (максимизация) линейной свёртки критериев. В данной работе предлагается вместо максимизации каждого критерия эффективности максимизировать минимальный из них, т. е. вместо целевых функций (8) использовать следующую целевую функцию:

$$\min_{i=\overline{1,9}, j=\overline{1, v_i}, k=\overline{1,9}} \{ \mathcal{E}_{ij}, \mathcal{E}_k, \mathcal{E} \} \rightarrow \max. \quad (9)$$

В той же монографии предложен прием, сводящий задачу о минимизации максимальной ошибки в регрессионной модели к задаче ЛП. Используем этот прием для функции (9). Для этого введем ограничения

$$\mathcal{E}_{ij} \geq r, i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, \quad \mathcal{E}_i \geq r, i = \overline{1,9}, \quad \mathcal{E} \geq r, \quad (10)$$

где r – неотрицательная переменная, значение которой не превышает значений всех показателей эффективности. Тогда целевую функцию (9) заменим на следующую:

$$r \rightarrow \max. \quad (11)$$

Задача ЛП с целевой функцией (11), линейными ограничениями (5)-(7), (10) и условиями неотрицательности переменных $d_{ijk}^* \geq 0$, $c_{ijk} \geq 0$, $i = \overline{1,9}$, $j = \overline{1, v_i}$, $k \in M_i^j$, эквивалентна задаче (9), (5)-(7).

Также отметим, что ответ на вопрос, какие минимальные затраты необходимы, чтобы обеспечить заданный уровень эффективности U для всех показателей \mathcal{E}_{ij} , $i = \overline{1,9}$, $j = \overline{1, v_i}$, \mathcal{E}_i , $i = \overline{1,9}$, и \mathcal{E} , дает решение задачи ЛП с целевой функцией

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{v_i} \sum_{k \in M_i^j} c_{ijk} \rightarrow \min, \quad (12)$$

с линейными ограничениями (5), (6) и

$$\mathcal{E}_{ij} \geq U, i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, \quad \mathcal{E}_i \geq U, i = \overline{1,9}, \quad \mathcal{E} \geq U, \quad (13)$$

а также с условиями $d_{ijk}^* \geq 0, c_{ijk} \geq 0, i = \overline{1,9}, j = \overline{1, v_i}, k \in M_i^j$.

Пример

Для демонстрации функционирования предложенных оптимизационных моделей структура связей предприятия была упрощена. Рассматривалось 3 подсистемы П1, П2, П3, для которых вектор $V = (3, 2, 1)$, а множества M_i^j имеют вид $M_1^1 = \{1, 4, 5\}, M_1^2 = \{1, 5\}, M_1^3 = \{6, 7\}, M_2^1 = \{1, 2, 4, 5\}, M_2^2 = \{1, 6\}, M_3^1 = \{3, 5\}$. Объектов воздействия было назначено 7.

Случайно сгенерированные данные о связях объектов воздействия с подсистемами, функциями и комплексами, а также оценки аудитора d_{ijk} и достаточные затраты $c_{ijk}^{\text{дост}}$ на обеспечение полной задействованности комплексов, представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные
Table 1 – Initial data

Подсистема	Функция	Объект возд.							Оценка аудитора	Стоимость	
		Комплекс	1	2	3	4	5	6			7
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0,68	23
1	1	4	0	1	0	0	0	1	0	0,35	20
1	1	5	0	0	0	0	0	0	1	0,66	6
1	2	1	0	0	1	0	1	1	0	0,48	23
1	2	5	0	1	0	0	0	0	0	0,28	14
1	3	6	1	0	0	1	0	0	0	0,76	24
1	3	7	0	1	0	0	0	0	0	0,05	21
2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0,74	25
2	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0,37	20
2	1	4	0	1	0	1	0	0	0	0,89	11
2	1	5	1	0	0	0	0	0	1	0,45	13
2	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0,7	10
2	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0,16	10
3	1	3	0	0	0	1	0	1	0	0,43	17
3	1	5	0	1	0	0	1	0	0	0,83	8

Сначала по данным из Таблицы 1 были найдены следующие показатели эффективности защиты информации предприятия: $\mathcal{E}_{11} = 0,51, \mathcal{E}_{12} = 0,43, \mathcal{E}_{13} = 0,523, \mathcal{E}_{21} = 0,632, \mathcal{E}_{22} = 0,565, \mathcal{E}_{31} = 0,63, \mathcal{E}_1 = 0,485, \mathcal{E}_2 = 0,605, \mathcal{E}_3 = 0,63, \mathcal{E} = 0,556$.

Затем решалась задача ЛП с целевой функцией (11) и линейными ограничениями (5)-(7), (10). Бюджет $W = 25$ усл. ден. ед. В результате решения было получено следующее распределение этой суммы: $c_{114} = 6,269, c_{121} = 10,735, c_{137} = 5,912, c_{221} = 2,083$. В этом случае будут улучшены следующие показатели эффективности защиты информации предприятия: $\mathcal{E}_{11} = 0,612, \mathcal{E}_{12} = 0,612, \mathcal{E}_{13} = 0,612, \mathcal{E}_{22} = 0,612, \mathcal{E}_1 = 0,612, \mathcal{E}_2 = 0,624, \mathcal{E} = 0,619$.

После чего решалась задача ЛП с целевой функцией (12) и линейными ограничениями (5), (6), (13). Минимальный уровень эффективности $U = 0,7$. В

результате решения установлено, что минимальные затраты на обеспечение указанного уровня эффективности защиты информации составят 54,419 усл. ден. ед.

Заключение

В работе модель ИБ предприятия формализована в виде многокритериальной задачи ЛП с целевыми функциями (8) и линейными ограничениями (5)-(7). Решение этой задачи дает ответ на вопрос, как распределить имеющуюся сумму денег так, чтобы максимизировать не только эффективность ПТР КСЗИ, но и эффективности всех ее компонент. Вместо максимизации всех целевых функций в многокритериальной задаче предложено максимизировать минимальный показатель эффективности, т. е. решать задачу ЛП (11), (5)-(7), (10). Также предложена задача ЛП (12), (5), (6), (13), решение которой позволяет определить минимальные затраты, необходимые для обеспечения заданной меры эффективности подсистемы ПТР КСЗИ и всех ее компонент. Предложенный математический аппарат имеет высокое прикладное значение, поскольку с его помощью можно не только оценить эффективность защиты информации любого предприятия, но и определить, как ее повысить.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Наседкин П.Н., Базилевский М.П. Методика оценки уровня защищенности программно-технических решений комплексной системы защиты информации предприятия. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2023;3:87–93. DOI: 10.37882/2223–2966.2023.03.27.
2. Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И. *Высшая математика: Математическое программирование*. Минск: Вышэйшая школа; 1994. 286 с.
3. Иванченко П.Ю., Кацуро Д.А., Медведев А.В., Трусов А.Н. Математическое моделирование информационной и экономической безопасности на предприятиях малого и среднего бизнеса. *Фундаментальные исследования*. 2013;10-13:2860–2863.
4. Медведев А.В. Оптимизационная математическая модель информационной безопасности. *Сборник избранных статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Научные исследования в современном мире. Теория и практика», 10-13 июля 2021, Санкт-Петербург*. СПб.: ГНИИ «Нацразвитие»; 2021. С. 66–68.
5. Зикратов И.А., Одегов С.В., Смирных А.В. Оценка рисков информационной безопасности в облачных сервисах на основе линейного программирования. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2013;83(1):141–144.
6. Клименко И.С., Кухарова Т.В. Решение задачи управления информационной безопасностью методом динамического программирования. *Сборник статей XVI Международной заочной естественнонаучной конференции «ТЕХНОКОНГРЕСС», 30 октября 2017, Кемерово*. Кемерово: Издательский дом «Плутон»; 2017. С. 26–29.
7. Сизов В.А., Дрожкин А.А. Моделирование экономики информационной безопасности субъекта экономической деятельности на основе симплекс-метода. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*. 2021;18(1):173–178. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-1-173-178.
8. Кляус Т.К., Гатчин Ю.А. Математическая модель оценки эффективности системы защиты информации от атак типа advanced persistent threat. *Сборник статей XXIII международной научной конференции «Волновая электроника и инфокоммуникационные системы», 01–05 июня 2020 года, Санкт-Петербург*. СПб.:

- Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения; 2020. С. 250–260.
9. Касаткин П.А., Киренберг А.Г., Медведев А.В., Прокопенко Е.В. Математическая модель информационно-экономической безопасности организации. *Экономика и управление инновациями*. 2023;24(1):85–92. DOI: 10.26730/2587-5574-2023-1-85-92.
 10. Носков С.И. *Технология моделирования объектов с нестабильным функционированием и неопределенностью в данных*. Иркутск: РИЦ ГП «Облформпечать»; 1996. 320 с.

REFERENCES

1. Nasedkin P.N., Bazilevskii M.P. Methodology for assessing the level of security of software and hardware solutions of an integrated system for protecting information of an enterprise. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Modern Science: actual problems of theory & practice. Natural and technical sciences*. 2023;3:87–93. DOI: 10.37882/2223–2966.2023.03.27. (In Russ.).
2. Kuznetsov A.V., Sakovich V.A., Kholod N.I. *Higher Mathematics: Mathematical Programming*. Minsk, Vysheishaya shkola; 1994. 286 p. (In Russ.).
3. Ivanchenko P.Yu., Katsuro D.A., Medvedev A.V., Trusov A.N. Mathematical modeling information and economic security of small and medium business. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2013;10-13:2860–2863. (In Russ.).
4. Medvedev A.V. Optimization mathematical information security model. *Sbornik izbrannykh statei Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. Teoriya i praktika», July 10-13 2021, Saint Petersburg*. Saint Petersburg, GNII Natsrazvitie; 2021. p. 66–68. (In Russ.).
5. Zikratov I.A., Odegov S.V., Smirnykh A.V. Information security risks optimization in cloudy services on the basis of linear programming. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki = Scientific and technical journal of information technologies, mechanics and optics*. 2013;83(1):141–144. (In Russ.).
6. Klimenko I.S., Kukharova T.V. The solution of the problem information security management by dynamic programming. *Sbornik statei XVI Mezhdunarodnoi zaochnoi estestvennonauchnoi konferentsii «TEKhNOKONGRESS», October 30 2017, Kemerovo*. Kemerovo, Kemerovo Publishing House; 2017. p. 26–29. (In Russ.).
7. Sizov V.A., Drozhkin A.A. Modeling economy of information security of business entity based on simplex-method. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova = Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2021;18(1):173–178. (In Russ.).
8. Klyaus T.K., Gatchin Yu.A. Mathematical model for information security system effectiveness evaluation against advanced persistent threat attacks. *Sbornik statei XXIII mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii “Volnovaya elektronika i infokommunikatsionnye sistemy”, June 01–05 2020, Saint Petersburg*. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation; 2020. p. 250–260. (In Russ.).
9. Kasatkin P.A., Kirenberg A.G., Medvedev A.V., Prokopenko E.V. A mathematical model of organization's information and economic security. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Innovation management*. 2023;24(1):85–92. DOI: 10.26730/2587-5574-2023-1-85-92. (In Russ.).
10. Noskov S.I. *Technologies for modeling objects with unstable operation and data veracity*. Irkutsk, RITs GP Oblinformpechat'; 1996. 320 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Базилевский Михаил Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математика», Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация.

e-mail: mik2178@yandex.ru

ORCID: [0000-0002-3253-5697](https://orcid.org/0000-0002-3253-5697)

Mikhail Pavlovich Bazilevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation.

Наседкин Павел Николаевич, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация.

e-mail: nasedkin_pn@irgups.ru

Pavel Nikolaevich Nasedkin, Senior Lecturer, Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 25.07.2023; одобрена после рецензирования 28.08.2023; принята к публикации 15.09.2023.

The article was submitted 25.07.2023; approved after reviewing 28.08.2023; accepted for publication 15.09.2023.