



**Теоретические и прикладные аспекты кибербезопасности
конвергентных когнитивно-информационных технологий**

<https://doi.org/10.25559/SITITO.021.202502.191-203>
УДК 004.056, 519.863

Стратегия управления ресурсами информационной безопасности для максимизации финансовой прибыли коммерческой организации

П. Н. Бурого¹, В. П. Хранилов¹, А. И. Эгамов^{2*}

Оригинальная статья

¹ ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, Российская Федерация
Адрес: 603155, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

² ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Российская Федерация
Адрес: 603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

* albert810@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается задача выбора стратегии управления финансовым ресурсом в целях обеспечения эффективной системы защиты информации в коммерческой организации. Эффективность системы защиты информации подразумевает стабильную работу информационных активов компании и, следовательно, максимизацию общей прибыли, приносимой компанией в целом. Общая прибыль организации имеет прямую зависимость от стабильной работы информационных систем которая, в свою очередь, обеспечивается внедрением средств защиты информации и, соответственно, зависит от расписания внедрения данных средств в группах информационных активов. Математическая модель задачи сводится к задаче дискретной оптимизации – модифицированной задаче о назначениях. К ней не применимы алгоритмы и методы решения классической задачи о назначениях. Как правило, они находят свое применение после окончания назначений (здесь «периода внедрения»), когда весовая матрица для задачи о назначениях становится полностью известной. Их применение позволяет дать оценку использованной эвристической стратегии (варианта выбранной последовательности обеспечения защиты информационных активов) посредством сравнения значений целевых функций. При решении поставленной задачи для получения оценки сделаны нетривиальные преобразования как весовой матрицы, так и целевой функции исходной математической модели. Рассмотренная задача и предложенная математическая модель могут являться входной информацией при реализации системы поддержки принятия решений в области корпоративной безопасности. Написано программное обеспечение, широко варьирующее начальные данные, которое позволяет виртуально применять и оценивать различные эвристические стратегии. Моделирование ситуации показало, что на практике в качестве эвристической допустимо использовать жадную стратегию.

Ключевые слова: задача о назначениях, информационная безопасность, средства защиты информации, группы информационных активов, потенциальная прибыль, эвристическая стратегия, система поддержки принятия решений

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бурого П. Н., Хранилов В. П., Эгамов А. И. Стратегия управления ресурсами информационной безопасности для максимизации финансовой прибыли коммерческой организации // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2025. Т. 21, № 2. С. 191-203. <https://doi.org/10.25559/SITITO.021.202502.191-203>

© Бурого П. Н., Хранилов В. П., Эгамов А. И., 2025



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



**Theoretical and Applied Aspects of Cybersecurity
of Convergent Cognitive Information Technologies**

Information Security Resource Management Strategy to Maximize the Financial Profit of the Company

P. N. Burago^a, V. P. Khranilov^a, A. I. Egamov^{b*}

Original article

^a Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
Russian Federation

Address: 24 Minin St., Nizhny Novgorod 603155, Russian Federation

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny
Novgorod, Russian Federation

Address: 23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation

* albert810@yandex.ru

Abstract

The article considers the problem of choosing a financial resource management strategy in order to ensure an effective information security system in a commercial organization. The effectiveness of the information security system implies the stable operation of the company's information assets and, consequently, maximization of the total profit generated by the company as a whole. The total profit of the organization directly depends on the stable operation of information systems, which in turn is ensured by the implementation of information security tools and, accordingly, depends on the schedule of implementation of these tools in groups of information assets. The mathematical model of the problem is reduced to a discrete optimization problem - a modified assignment problem. Algorithms and methods for solving the classical assignment problem are not applicable to it. As a rule, they are used after the end of assignments (here, the "implementation period"), when the weight matrix for the assignment problem becomes completely known. Their application allows us to evaluate the heuristic strategy used (the option of the selected sequence of ensuring the protection of information assets) by comparing the values of the objective functions. When solving the problem, nontrivial transformations of both the weight matrix and the objective function of the original mathematical model are made to obtain an estimate. The considered problem and the proposed mathematical model can be input information when implementing a decision support system in the field of corporate security. Software has been written that widely varies the initial data, which allows for the virtual application and evaluation of various heuristic strategies. Modeling of the situation has shown that in practice it is acceptable to use a greedy strategy as a heuristic.

Keywords: assignment problem, information security, information security tools, information asset groups, potential profit, heuristic strategy, decision support system

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Burago P.N., Khranilov V.P., Egamov A.I. Information Security Resource Management Strategy to Maximize the Financial Profit of the Company. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2025;21(2):191-203. <https://doi.org/10.25559/SITITO.021.202502.191-203>



Введение

Информационная безопасность является важной составляющей полноценной работы любого предприятия в современных условиях развития технологий и общества. Различные определения российских исследователей понятия «информационная безопасность» можно найти в [1]. Ей посвящены многочисленные научные исследования современных авторов, включая учебные пособия¹, обзоры публикаций [2], исследования инновационных технологий средств защиты информации (СЗИ) [3, 4], а также моделирование процессов, связанных с информационной безопасностью [5, 6]. Разнообразные подходы к проблемам информационной безопасности описаны в [7-11]. Важное значение математических подходов к проблемам кибербезопасности обсуждается в [12]. Особую роль среди публикаций, посвященных информационной безопасности играют научные работы в основе которых лежат методы исследования операций. Математическая модель экономики предприятия с учетом информационной безопасности, основанная на симплекс-методе, исследуется в [13].

Задача о назначениях является одной из фундаментальных задач исследования операций, интерес к которой не ослабевает и в наши дни, учитывая её прикладной характер. В различных университетских курсах она изучается благодаря своим связям с реальными задачами экономической и управленческой направленности [14, 15]. Математические модели, которые так или иначе приводят к задаче о назначениях нередко возникают параллельно с рассмотрением различных проблем защиты информации на предприятиях и организациях (см., например, [16-19]). Одна из таких проблем исследована в этой статье.

Обеспечение устойчивого функционирования, безопасности и защиты информации является одним из приоритетных направлений деятельности для руководства любой коммерческой организации, в бизнес-модели которой задействованы цифровые и информационные активы [20]. Стремление к получению максимальной прибыли неразрывно связано, как с минимизацией убытков, возникающих из-за реализации киберугроз, так и с эффективным управлением и распределением финансового ресурса, выделенного на обеспечение информационной безопасности данных информационных систем.

Исследуемая в статье задача носит прикладной характер, так как обеспечение полной и эффективной защиты информационных активов в условиях ограниченных финансовых ресурсов является одной из ключевых целей любого руководителя подразделения, ответственного за обеспечение кибербезопасности.

В данной статье рассматривается задача о формировании приоритета внедрения СЗИ, которая выражается в выборе последовательности обеспечения информационной безопасности различных групп информационных активов (ГИА). Под ГИА понимается логическая группировка активов, в функционировании которых задействованы информационные системы и цифровые продукты, в зависимости от выполняемых задач и размера организации. Ключевым моментом при группировке активов в ГИА выступает возможность периодического измерения и прогнозирования финансовых показателей.

Для повышения уровня эффективности внедрение современных СЗИ следует начинать с самых важных и (или) наименее защищенных ГИА. Стратегию очередности внедрения можно вырабатывать с помощью виртуальных экспериментов, которые, в отличие от эмпирических методов, не требуют финансовых затрат. Подобный метод получил широкое распространение во второй половине прошлого века в связи с развитием дискретной оптимизации и компьютерной техники. Укомплектовывая, как можно ранее, важные или потенциально важные ГИА новыми СЗИ для их стабильной работы, можно повысить прибыль предприятия и снизить убытки, связанные с простым информационных систем и неэффективным управлением бюджета. При этом, конечно, важно грамотно и приемлемо точно составить математическую модель задачи.

Предположим, существует некая проблемно-ориентированная организация, у которой имеются n ГИА, приносящих прибыль. Все они нуждаются в том или ином уровне информационной защиты. За период времени T предприятие может поставить защиту (внедрить СЗИ) только на одну ГИА. Это связано с тем, что ресурсы подразделения информационной безопасности ограничены. Закупка, установка, настройка и приемо-сдаточные испытания СЗИ занимают определенное время, поэтому одновременное выделение финансов и внедрение защитных средств для нескольких групп информационных активов не является целесообразным. В то же время неравномерная трата бюджета (большая разовая покупка) может вызвать вопросы со стороны руководства и контролирующих органов. Поэтому в организации идет поэтапная закупка и внедрение СЗИ по правилу: в один период времени T происходит закупка СЗИ для одной группы информационных активов. Назовем временной отрезок длиной nT , за который будет проходить внедрение СЗИ – период внедрения.

Постановка задачи о назначениях

Задача о назначениях. Задана весовая (платежная) матрица C размера $n \times n$ с неотрицательными компонентами c_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$. Выбор строки относительно столбца описывается перестановкой

¹ Мельников В. П., Клейменов С. А., Петраков А. М. Информационная безопасность и защита информации. 6-ое изд. М.: Академия, 2012. 336 с.; Зенков А. В. Информационная безопасность и защита информации: учебник. М.: Изд-во Юрайт, 2025. 107 с. URL: <https://urait.ru/bcode/567915> (дата обращения: 13.03.2025).



$\sigma \in S_n$, где S_n – множество всех перестановок от 1 до n . Целевая функция имеет вид

$$S(\sigma) = \sum_{j=1}^n c_{\sigma(j)j}. \quad (1)$$

Оптимизационная задача состоит в том, чтобы найти такую перестановку $\sigma \in S_n$, при которой значение $S(\sigma)$, вычисляемое по формуле (1), будет максимальным. Отметим, что здесь приведена одна из эквивалентных постановок задачи о назначениях².

В конце 40-х годов прошлого века Дж. Данциг разработал симплекс-метод для решения задач линейного программирования. В 1951 году он обосновал, что задачу о назначениях можно трактовать как задачу линейного программирования, имеющую целочисленное оптимальное решение [21]. В связи с этим задачу о назначениях можно решить симплекс-методом, однако, имеются и другие методы, характерные именно для неё. Для решения задачи о назначениях существуют методы решения, учитывающие ее специфику, самый известный из них – венгерский алгоритм, имеющий полиномиальную сложность вычислений [22]. Кроме того, он входит в стандартную библиотеку *Scipy* для алгоритмического языка Python, существенно облегчающую написание программ для научных и инженерных расчетов.

Модифицированная задача о назначениях. Для квадратной матрицы C порядка n , которая задается по столбцам, найти перестановку $\sigma \in S_n$, такую, что значение целевой функции $S(\sigma)$, вычисленное по формуле (1), было бы максимальным. Дополнительное условие, отличающее ее от классической задачи о назначениях: значения $\sigma(1), \sigma(2), \dots, \sigma(n)$ выбираются последовательно, и выбор значения $\sigma(j)$ происходит, на основании знания только первых j столбцов матрицы C (в момент выбора $\sigma(j)$ остальные $n - j$ столбцов матрицы C неизвестны).

Для решения модифицированной задачи о назначениях существуют только эвристические методы ее решения³. Венгерским алгоритмом и другими методами решения задачи о назначениях можно воспользоваться только после того, как матрица C станет полностью известна, для оценки выбранного метода решения (уже после того как выбор полностью сделан).

² Rainer B., Dell'Amico M., Martello S. Assignment problems. USA, Philadelphia, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009. 382 p.; Эвристические методы для решения нечеткой задачи о назначениях. Уч. пособие / Д.В. Баландин [и др.]. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2024. 83 с.

³ Попов В. Б. Глава 7 метаэвристические алгоритмы для задач экономической оптимизации и прогнозирования // Информационная экономика: развитие, управление, модели : Коллективная монография / Под науч. ред. Н.В. Апатовой. Симферополь: ИП Зуева Т.В., 2017. С. 401-416. EDN: DGNRAQ

Постановка задачи о максимизации прибыли коммерческой организации и ее математическая модель

В некоторых предприятиях и организациях планово-финансовый отдел (подразделение, ответственное, в том числе за прогноз доходов) в конце каждого периода рассчитывает потенциальную прибыль от каждой ГИА на следующий период без учета кибератак по данным предыдущих периодов (в основном, последнего перед ним) и поступивших на будущий период заказов. Хотя она и потенциальная, но понятно, что если некие действия увеличивают общую потенциальную прибыль предприятия за некоторое время, то они также увеличивают и реальную общую прибыль за тот же временной промежуток. Будем предполагать, что с достаточной точностью потенциальную прибыль можно рассчитать только на период вперед, и нельзя рассчитать, например, на два.

Пусть c_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, – положительные элементы квадратной матрицы C порядка n – потенциальная рассчитанная прибыль i -ой группы активов за j -ый период времени при 100 %-ой защите от посторонних вредоносных атак, которая дается плановым отделом организации без учета кибератак в начале j -го периода. 100%-ая защита достигается внедрением и настройкой современных СЗИ. Перестановка $\sigma \in S_n$ определяет расписание внедрения СЗИ, то есть $\sigma(j)$ – номер ГИА, которой внедрена защита в j -ый период времени. Обозначим $\Sigma(j)$ – множество $\{\sigma(1), \dots, \sigma(j)\}$, $j = \overline{1, n}$.

Пусть χ_i , $i = \overline{1, n}$, – положительный коэффициент, меньший единицы, который показывает уменьшение потенциальной прибыли i -ой группы активов при отсутствии системы защиты или ее неэффективности.

Коэффициенты χ_i , $i = \overline{1, n}$, формируют вектор χ , характеризующий эффективность работы всех ГИА. При отсутствии системы защиты или ее неэффективности потенциальная прибыль i -ой группы активов за j -ый период времени с учетом кибератак равна $\chi_i c_{ij}$. Цель руководства предприятия: при условии учета кибератак максимизировать целевую функцию – общую сумму потенциальной прибыли организации за время nT . Целевая функция имеет вид:

$$S_1(\sigma) = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{s \in \Sigma(j)} c_{sj} + \sum_{\substack{1 \leq s \leq n \\ s \notin \Sigma(j)}} \chi_s c_{sj} \right). \quad (1)$$

Целевая функция (1) зависит от расписания внедрения СЗИ для ГИА (перестановки σ). Цель задачи: найти перестановку $\sigma \in S_n$, которая максимизирует функцию (1).

Первое «слагаемое», стоящее в скобках, формулы (1)



отвечает за потенциальную прибыль групп, которые работают при внедренной эффективной защите, а второе – за потенциальную прибыль групп, у которых эффективная защита не внедрена (или защита не эффективна). Заметим, что j -ое слагаемое суммы (1) – потенциальную прибыль за j -ый период – можно записать в эквивалентном виде:

$$\sum_{s \in \Sigma(j)} (1 - \chi_s) c_{sj} + \sum_{s=1}^n \chi_s c_{sj}. \quad (2)$$

Второе «слагаемое» формулы (2) отвечает за потенциальную прибыль всех групп, если бы у них при работе защита отсутствовала (или она была бы не эффективна), а первое – за ту часть потенциальной прибыли, которую обеспечивает внедренная эффективная защита. Целевая функция (1) на основе (2) запишется в виде

$$S_1(\sigma) = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{s \in \Sigma(j)} (1 - \chi_s) c_{sj} + \sum_{s=1}^n \chi_s c_{sj} \right). \quad (3)$$

Рассмотрим квадратную матрицу D порядка n с элементами d_{ij} , которые имеют вид

$$d_{ij} = \sum_{s \in \Sigma(j-1)} (1 - \chi_s) c_{sj} + (1 - \chi_i) c_{ij} + \sum_{s=1}^n \chi_s c_{sj}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n},$$

Тогда целевая функция примет вид

$$\hat{S}_1(\sigma) = \sum_{j=1}^n d_{\sigma(j)j}.$$

Эта задача является модифицированной задачей о назначениях для матрицы D и целевой функции $\hat{S}_1(\sigma)$, цель: максимизировать функцию $\hat{S}_1(\sigma)$. Учитывая (3), нетрудно видеть, что

$$\hat{S}_1(\sigma) = S_1(\sigma).$$

Напомним, что в модифицированной задаче о назначениях, j -ый столбец становится известным в начале j -го периода и к этому моменту известны все $\sigma(1), \dots, \sigma(j-1)$, поэтому матрица D задана корректно.

В каждый элемент j -го столбца матрицы D входит

одно и то же слагаемое $\sum_{s=1}^n \chi_s c_{sj}$, не зависящее от

перестановки σ . При вычитании одной и той же величины из строки или столбца оптимальная перестановка для задачи о назначениях останется прежней, поэтому последнюю задачу можно преобразовать следующим образом.

В модифицированной задаче о назначениях для квадратной матрицы \tilde{D} порядка n с элементами

$$\tilde{d}_{ij} = \sum_{s=1}^{j-1} (1 - \chi_{\sigma(s)}) c_{\sigma(s)j} + (1 - \chi_i) c_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

и целевой функции

$$\tilde{S}_1(\sigma) = \sum_{j=1}^n \tilde{d}_{\sigma(j)j} \quad (5)$$

максимизировать функцию $\tilde{S}_1(\sigma)$. При $j = 1$

выражение $\sum_{s=1}^{j-1} \tilde{d}_{\sigma(s)s}$ в (4) не имеет смысла и трактуется как 0. Нетрудно видеть, что

$$S_1(\sigma) = \tilde{S}_1(\sigma) + \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \chi_s c_{sj}. \quad (6)$$

Однако, применить один из классических методов для решения задачи о назначениях даже при известной матрице \tilde{D} , для оценки эффективности выбранной перестановки σ невозможно, так как первые $j-1$ слагаемые каждого из элементов матрицы \tilde{D} (кроме элементов первого столбца) «уже» зависят от перестановки σ .

Перепишем формулу (5), учитывая (4) и меняя порядок суммирования, получим

$$\tilde{S}_1(\sigma) = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{s=1}^{j-1} (1 - \chi_{\sigma(s)}) c_{\sigma(s)j} + (1 - \chi_{\sigma(j)}) c_{\sigma(j)j} \right) = (1 - \chi_{\sigma(1)}) \sum_{s=1}^n c_{\sigma(1)s} + (1 - \chi_{\sigma(2)}) \sum_{s=2}^n c_{\sigma(2)s} + \dots + (1 - \chi_{\sigma(n-1)}) \sum_{s=n-1}^n c_{\sigma(n-1)s} + (1 - \chi_{\sigma(n)}) c_{\sigma(n)n}.$$

Действительно, $\sigma(1)$ -ая группа активов работает с внедренной защитой все n периодов, $\sigma(2)$ -ая группа активов работает с внедренной защитой со второго по n -ый период, и т.д., получившая последней защиту $\sigma(n)$ -ая группа активов работает с ней только последний n -ый период.

Поэтому исследуемая модифицированная задача о назначениях сводится к следующей.

В модифицированной задаче о назначениях для квадратной матрицы \tilde{G} порядка n с элементами

$$\tilde{g}_{ij} = \sum_{s=j}^n (1 - \chi_i) c_{is}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n},$$

и целевой функции $S_0(\sigma) = \sum_{j=1}^n \tilde{g}_{\sigma(j)j}$ максимизировать целевую функцию

$S_0(\sigma)$. Значения $S_0(\sigma)$ и $\tilde{S}_1(\sigma)$ при одной и той же перестановке σ равны. Окончательно, общая потенциальная прибыль организации за период внедрения СЗИ вычисляется по формуле (6).

Так как элементы матрицы \tilde{G} не зависят от какой-либо перестановки, к последней задаче уже можно применить один из классических методов для решения задачи о назначениях при известной матрице C , а значит, и известной матрице \tilde{G} , для оценки эффективности выбранного метода замены СЗИ (решения модифицированной задачи о назначениях) – примененной перестановки σ .



Компьютерная реализация и основные выводы

Назовем правило или метод, по которому выбирается ГИА для обновления ее защиты – стратегией. Она может быть описана словами, а в математической модели задается перестановкой $\sigma \in S_n$. Для решения исходной задачи необходимо создать программное обеспечение, которое позволило бы протестировать стратегии внедрения защиты виртуально и сделать соответствующие выводы. Иногда, на это способен только компьютерный анализ (см., например [23]). Согласно вышеописанной теории написана программа на алгоритмическом языке Python, позволяющая смоделировать ситуацию на предприятии. Программа может генерировать матрицу C тремя способами: элементы в строках могут генерироваться по убыванию, по возрастанию или случайным образом. Также тремя способами можно сгенерировать вектор χ . В начале эксперимента можно задать левую и правую границы отрезка как значений элементов матрицы C , так и значений элементов вектора χ .

Проводится компьютерный эксперимент, который вычисляет значение целевой функции (5) для жадной стратегии относительно матрицы \tilde{D} (работающей на основе жадного алгоритма)⁴. Она состоит в том, что при выборе элемента в столбце берется максимальный элемент из невыбранных до этого строк. Вычисляются максимально возможное и минимально возможное значение целевой функции (они могут быть получены венгерским алгоритмом применительно к матрице \tilde{G}). Будем считать, что они соответствуют максимальной и минимальной стратегиям (их можно получить только в конце периода внедрения). Для окончательного расчета потенциальной прибыли необходимо воспользоваться формулой (6).

Для различных случаев генерации матрицы C проводятся три серии по 30 экспериментов. В первой серии элементы в строках матрицы C генерируются по убыванию, во второй – по возрастанию, а в третьей – случайным образом. Значения элементов вектора χ во всех трех сериях генерируются случайным образом. В исходных данных всех проводимых экспериментов: $n = 15$, $10 \leq c_{ij} \leq 50$, $0.4 \leq \chi_i \leq 0.7$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$.

Элементы матрицы считаются в миллионах рублей. Выводятся следующие результаты: усредненное (среднее арифметическое по каждой серии) значение целевой функции для жадной стратегии, усредненные максимально и минимально возможные значения,

усредненные относительные потери целевой функции для жадной стратегии относительно максимальной и относительные потери целевой функции для жадной стратегии относительно максимальной в наихудшем для жадной стратегии случае. Результаты трех серий представлены ниже на трех скриншотах (рис. 1-3). В программе имеется возможность произвести отдельный эксперимент с набранной пользователем матрицей для конкретного случая. Для наглядности на скриншотах приведены также матрица C и вектор χ одного из экспериментов серии. Схожие методы поиска наилучшей квазиоптимальной стратегии для модифицированной задачи о назначениях описаны в [24-26].

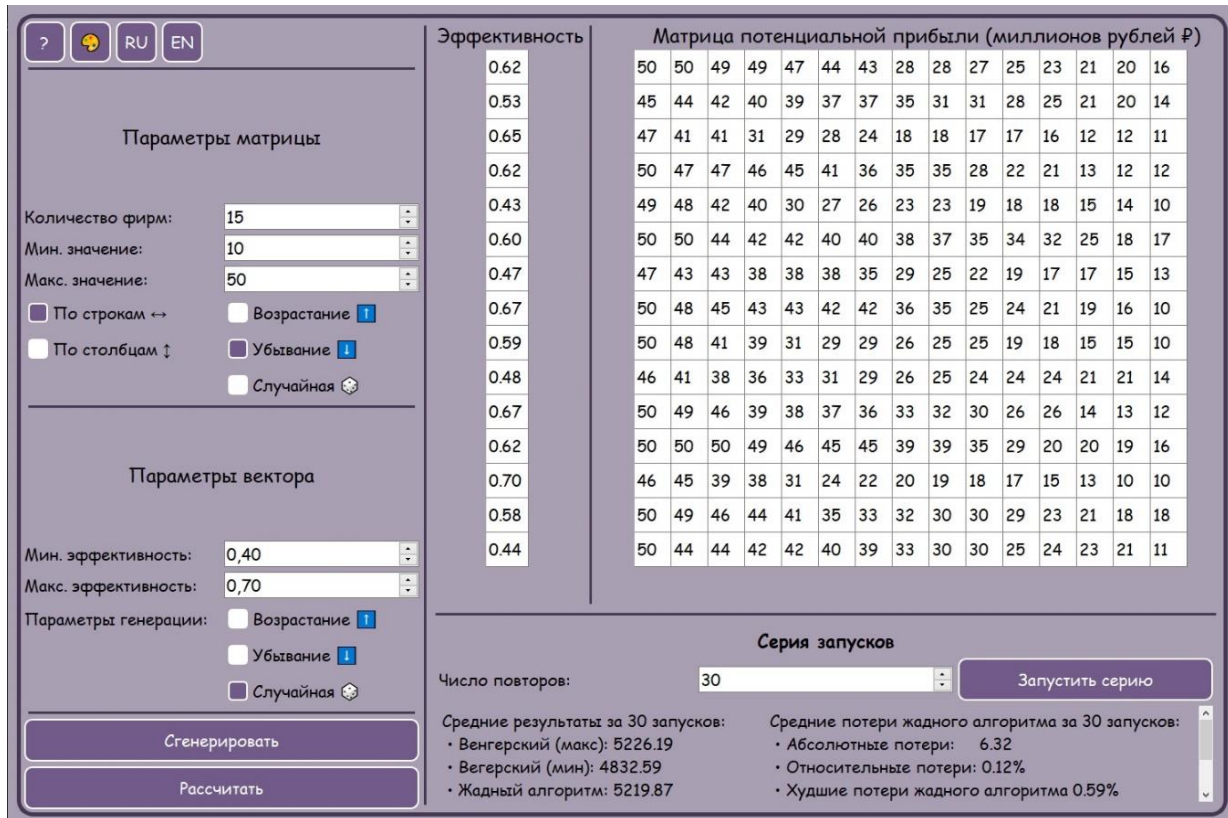
В худшем для жадной стратегии эксперименте относительные потери равны 2.12%. При этом в третьей серии экспериментов (худшей для жадной) усредненные относительные потери жадной стратегии относительно максимальной (недостижимой на практике) равны 0.86%, а усредненные относительные потери минимальной стратегии относительно максимальной равны 18.84%. Числа в процентах даются за период внедрения. Вывод: при заданных исходных параметрах жадную стратегию можно применять в качестве квазиоптимальной. Сделать подобный вывод без компьютерного анализа не представляется возможным.

В противовес жадной стратегии также рассматривалась другая эвристическая стратегия, назовем ее χ -стратегией. Выбор строки происходит по возрастанию χ_i . Логично, что чем меньше коэффициент χ_i у ГИА, тем раньше нужно внедрить СЗИ для этой ГИА, чтобы она работала без простоев и потерь. Одним из плюсов χ -стратегии является то, что ей можно пользоваться, не обращая внимания на выводы планово-финансового отдела предприятия. Получить другие квазиоптимальные стратегии из логических соображений для случайно сгенерированных матриц C и векторов χ не представляется возможным.

Скриншоты программы

Для сравнения двух стратегий, претендующих на квазиоптимальность на рис. 4 и 5 рассмотрены два варианта: $0.4 \leq \chi_i \leq 0.7$ и $0.05 \leq \chi_i \leq 0.9$. Проведены две серии из 30 экспериментов с неким набором матриц C и векторов χ , сгенерированным случайным образом. В обоих случаях по усредненным показателям жадная стратегия выигрывает у χ -стратегии, и хотя относительные потери χ -стратегии не так уж и велики, стоит отметить, что расчет идет о миллионах рублей, и выигрыш приблизительно 40 млн. рублей (исходя из заложенных параметров) определяет выбор в пользу

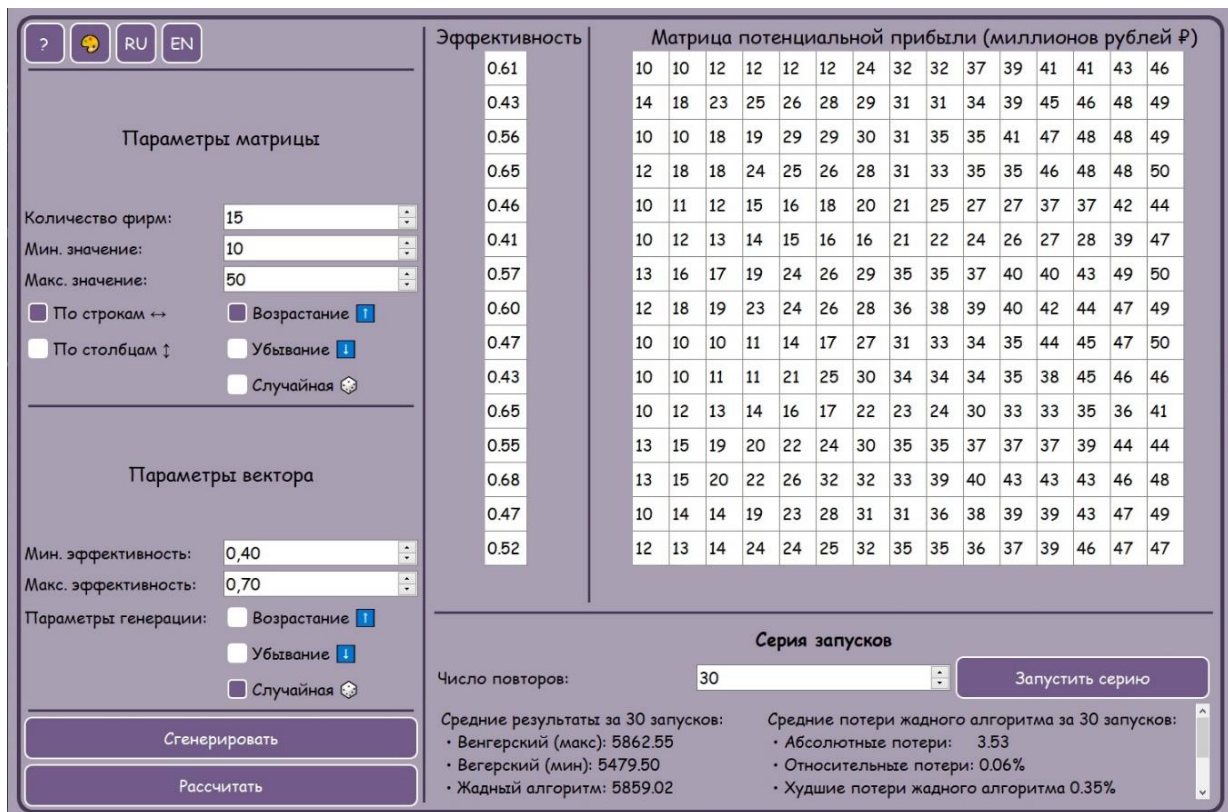
⁴ Roughgarden T. Algorithms Illuminated Part 3: Greedy Algorithms and Dynamic Programming. Sound-likeyourself Publishing, 2019. 232 p.



Р и с. 1. Сравнение жадной и максимальной стратегий. 1 серия экспериментов.

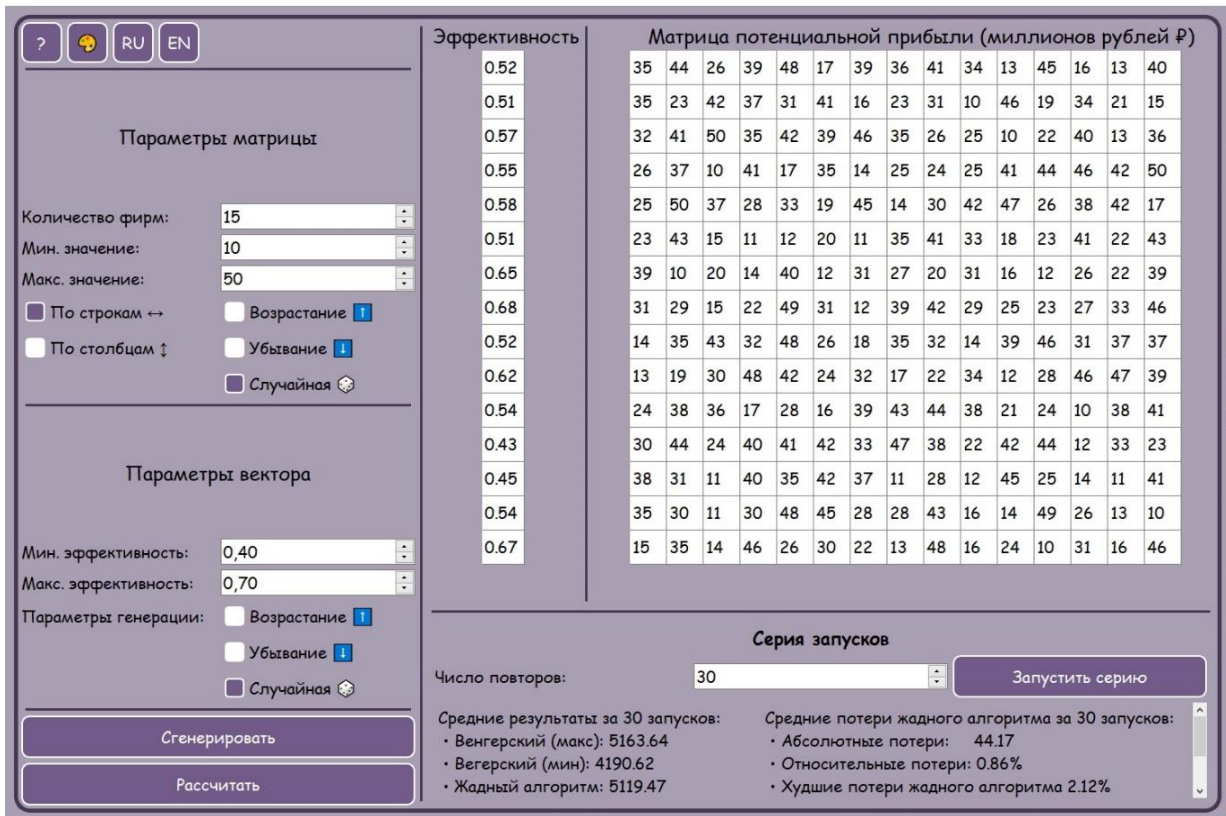
F i g. 1. Comparison of greedy and maximal strategies. Experimental series 1.

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.
Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.

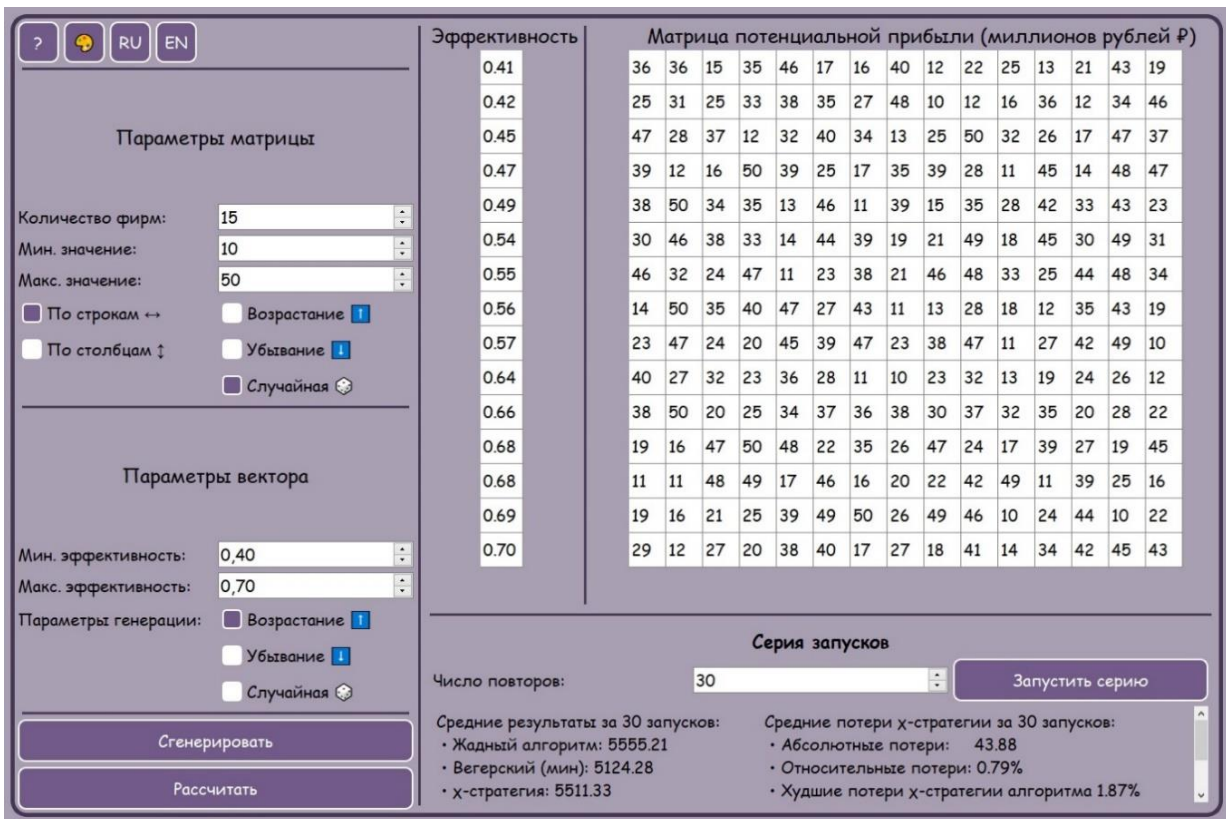


Р и с. 2. Сравнение жадной и максимальной стратегий. 2 серия экспериментов.

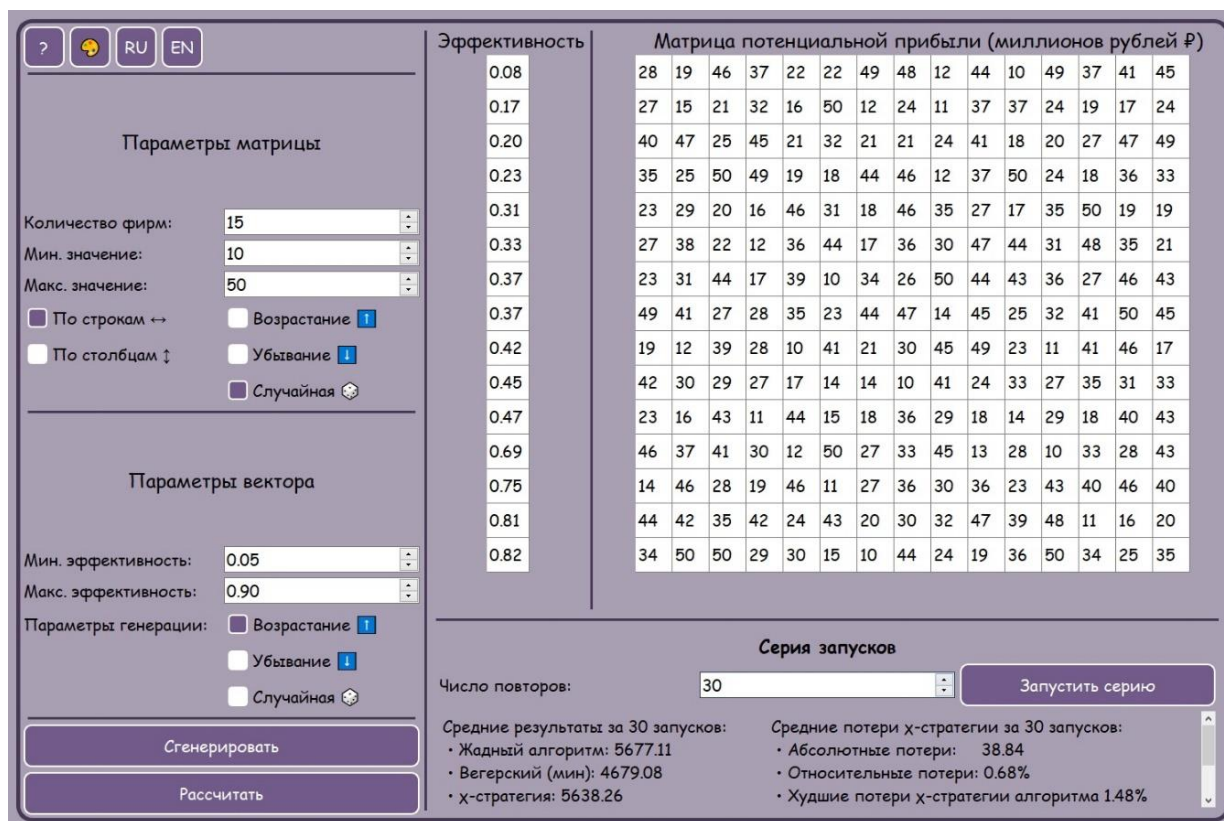
F i g. 2. Comparison of greedy and maximal strategies. Experimental series 2.



Р и с. 3. Сравнение жадной и максимальной стратегий. 3 серия экспериментов.
F i g. 3. Comparison of greedy and maximal strategies. Experimental series 3.



Р и с. 4. Сравнение жадной стратегии и χ -стратегии, $0,4 \leq \chi_i \leq 0,7$
F i g. 4. Comparison of the greedy strategy and the χ -strategy, $0,4 \leq \chi_i \leq 0,7$



Р и с. 5. Сравнение жадной стратегии и χ -стратегии, $0.05 \leq \chi_i \leq 0.9$
F i g. 5. Comparison of the greedy strategy and the χ -strategy, $0.05 \leq \chi_i \leq 0.9$

жадной стратегии. Стратегии, являющиеся неким симбиозом этих двух стратегий, не рассматривались. Другие эвристические стратегии, претендующие на квазиоптимальность, можно подобрать, только если иметь дополнительную продуктивную информацию о матрице C и векторе χ . Предложенная компьютерная реализация может стать составной частью автоматизированной системы поддержки принятия решений при управлении информационной безопасностью в коммерческой организации.

Заключение

Рассмотрена задача о расписании поэтапного внедрения средств информационной защиты для максимизации прибыли. Несмотря на то, что формально рассматривается потенциальная прибыль, а практически любое планирование дает некую погрешность. При хорошей и грамотной работе планово-финансового отдела предприятия эта погрешность невелика и допустима в реальной ситуации. Построена математическая модель, которая после преобразований сводится к варианту известной задачи о назначениях – модифицированной задаче о назначениях. Меняя порядок суммирования целевой функции и преобразовывая весовую матрицу, получим классическую задачу о назначениях, решение которой позволяет оценить стратегию,

посредством которой решалась исходная задача. Написана программа на алгоритмическом языке Python, моделирующая ситуацию. В экспериментах были протестированы две стратегии: жадная стратегия и χ -стратегия. В конце статьи прилагаются скриншоты программы с результатами ее работы, где на первых трех сравниваются жадная и максимальная стратегии, а на двух последних претендующие на квазиоптимальность жадная стратегия и χ -стратегия. При заданных общих исходных параметрах обе стратегии показали хорошие результаты, но жадная стратегия каждый раз оказывалась лучше по усредненным показателям. В результате сделан вывод о применении на практике к исходной задаче жадной стратегии. Рассмотренная задача и предложенная математическая модель могут стать основой концепции построения комплекса СЗИ инновационной подсистемы корпоративной безопасности при реализации системы поддержки принятия решений в области управления информационными активами с целью поддержания устойчивой эффективности корпоративной деятельности путем максимизации финансовой прибыли коммерческой организации.



Список использованных источников

1. Кондрашова Н. Г. Защита информации как важная составляющая экономической безопасности // *Modern Economy Success*. 2022. № 6. С. 149-153. EDN: JWLPRX
2. AI and cybersecurity, business protection in an interconnected world: systematic literature review / I. M. Cantillo Velásquez [et al.] // *Management (Montevideo)*. 2025. Vol. 3. Article number: 116. <https://doi.org/10.62486/agma2025116>
3. Лебедь С. В. Инновационные технологии в сфере кибербезопасности // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2022. Т. 18, № 2. С. 383-390. <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202202.383-390>
4. Integrated Functional Safety and Cybersecurity Evaluation in a Framework for Business Continuity Management / K. T. Kosmowski [et al.] // *Energies*. 2022. Vol. 15, No. 10. Article number: 3610. <https://doi.org/10.3390/en15103610>
5. Моделирование процессов управления инцидентами информационной безопасности на предприятии / Е. С. Митяков [и др.] // *Russian Technological Journal*. 2024. Т. 12, № 6. С. 39-47. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-6-39-47>
6. Авсентьев О. С., Бутов В. В., Вальде А. Г. Модели обоснования организационно-технического обеспечения мероприятий по созданию СЗИ объектов информатизации // *Труды учебных заведений связи*. 2024. Т. 10, № 5. С. 93-108. <https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-5-92-107>
7. Abdelaziz A., Mahmoud A. N. Data Security in Healthcare Systems: Integration of Information Security and Information Management // *Journal of Cybersecurity and Information Management*. 2023. Vol. 11, No. 2. P. 17-26. <https://doi.org/10.54216/jcim.110202>
8. Kotenko I., Izrailov K., Buinevich M. Static Analysis of Information Systems for IoT Cyber Security: A Survey of Machine Learning Approaches // *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 4. Article number: 1335. <https://doi.org/10.3390/s22041335>
9. Information Security Strategies for Information-Sharing Firms Considering a Strategic Hacker / Y. Wu [et al.] // *Decision Analysis*. 2022. Vol. 19, No. 2. P. 99-122. <https://doi.org/10.1287/deca.2021.0442>
10. Краковский Ю. М., Киргизбаев В. П. Программно-математическое обеспечение для исследования показателей эффективности экономики информационной безопасности // *System Analysis and Mathematical Modeling*. 2024. Т. 6, № 2. С. 209-220. [https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6\(2\).209-220](https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6(2).209-220)
11. Хранилов В. П., Бурого П. Н. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений для управления рисками информационной безопасности // *Математические методы в технологиях и технике*. 2024. № 6. С. 107-110. EDN: DZQSPY
12. Mathematical Approaches Transform Cybersecurity from Protoscience to Science / I. Trenchev [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, issue 11. Article number: 6508. <https://doi.org/10.3390/app13116508>
13. Сизов В. А., Дрожкин А. А. Моделирование экономики информационной безопасности субъекта экономической деятельности на основе симплекс-метода // *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*. 2021. Т. 18, № 1(115). С. 173-178. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-1-173-178>
14. Educational and Research Project "Optimization of the Sugar Beet Processing Schedule" / D. V. Balandin [et al.] // *Supercomputing. RuSCDays 2022. Lecture Notes in Computer Science*; ed. by V. Voevodin, S. Sobolev, M. Yakobovskiy, R. Shagaliev. Vol. 13708. P. 409-422. Cham: Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22941-1_30
15. Egamov A. I., Burago P. N. Applied Discrete Optimization in the Development of the Discipline "Computational Methods" // *Supercomputing. RuSCDays 2024. Lecture Notes in Computer Science*; ed. by V. Voevodin, A. Antonov, D. Nikitenko. Vol. 15407. P. 137-151. Cham: Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78462-0_10
16. Khranilov V. P., Burago P. N., Egamov A. I. Mathematical Model DDS for Information Security Management of the Organization // *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 537. Article number: 09009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453709009>
17. Бурого П. Н., Хранилов В. П., Эгамов А. И. Стратегия управления ресурсом информационной безопасности корпоративных проблемно-ориентированных компьютерных систем // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*. 2024. № 3(146). С. 7-13. EDN: MPWBAG
18. Свиридов В. И., Моисеев С. И. Математические модели оптимального распределения защитных ресурсов по источникам информационных угроз // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. 2019. № 1(28). С. 110-112. EDN: NIWSIO
19. Надеждин Е. Н. Выбор механизма защиты информационной сети на основе метода дискретного программирования // *Наукофера*. 2024. № 1-1. С. 184-190. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10491383>
20. Канев С. А. Акцент на эффект. Определение характеристик эффективности использования информационных активов компаний // *Креативная экономика*. 2010. № 8(44). С. 42-47. EDN: MSVWFV



21. Schrijver A. On the History of Combinatorial Optimization (Till 1960) // *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2005. Vol. 12. P. 1-68. [https://doi.org/10.1016/s0927-0507\(05\)12001-5](https://doi.org/10.1016/s0927-0507(05)12001-5)
22. Kuhn H. W. The Hungarian Method for the assignment problem // *Naval Research Logistics Quarterly*. 1955. Vol. 2, issue 1-2. P. 83-97. <https://doi.org/10.1002/nav.3800020109>
23. Egamov A. I., Ryabova E. A. Comparing Variations of the Greedy Strategy to Find the Optimal Sugar Beet Processing Schedule // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 140. Article number: 03014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414003014>
24. Учебно-исследовательский проект в системе формирования компетенций цифровой культуры / Д. В. Баландин [и др.] // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2023. Т. 19, № 2. С. 447-459. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202302.447-459>
25. Balandin D., Kuzenkov O., Egamov A. Evaluation of the efficiency of sugar beet processing strategies based on the data of the Sergach Sugar Factory // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1206, No. 1. Article number: 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012046>
26. Balandin D., Kuzenkov O., Egamov A. Development of Components for Monitoring and Control Intelligent Information System // *Supercomputing. RuSCDays 2023. Lecture Notes in Computer Science*; ed. by V. Voevodin, S. Sobolev, M. Yakobovskiy, R. Shagaliev. Vol. 14389. Cham: Springer, 2023. P. 162-177. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49435-2_12

References

1. Kondrashova N.G. Information protection as an important component of economic security. *Modern Economy Success*. 2022;6:149-153. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: JWLPRX
2. Velásquez C.I.M., et al. AI and cybersecurity, business protection in an interconnected world: systematic literature review. *Management (Montevideo)*. 2025;3:116. (In Span., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.62486/agma2025116>
3. Lebed S.V. Innovative Technologies in Cybersecurity. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2022;18(2):383-390. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202202.383-390>
4. Kosmowski K., Piesik E., Piesik J., Śliwiński M. Integrated Functional Safety and Cybersecurity Evaluation in a Framework for Business Continuity Management. *Energies*. 2022;15:3610. <https://doi.org/10.3390/en15103610>
5. Mityakov E.S., Maksimova E.A., Artemova S.V., Bakaev A.A., Vegera J.G. Modeling of information security incident management processes in an enterprise. *Russian Technological Journal*. 2024;12(6):39-47. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-6-39-47>
6. Avsentiev O.S., Butov V.V., Valde A.G. Models for substantiating organizational and technical support for measures to create SPI of informatization facilities. *Proceedings of educational institutions of communications*. 2024;10(5):93-108. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-5-92-107>
7. Abdelaziz A., Mahmoud A.N. Data Security in Healthcare Systems: Integration of Information Security and Information Management. *Journal of Cybersecurity and Information Management*. 2023;11(2):17-26. <https://doi.org/10.54216/jcim.110202>
8. Kotenko I., Izrailov K., Buinevich M. Static Analysis of Information Systems for IoT Cyber Security: A Survey of Machine Learning Approaches. *Sensors*. 2022;22(4):1335. <https://doi.org/10.3390/s22041335>
9. Wu Y., Xu M., Cheng D., Dai T. Information Security Strategies for Information-Sharing Firms Considering a Strategic Hacker. *Decision Analysis*. 2022;19(2):99-122. <https://doi.org/10.1287/deca.2021.0442>
10. Krakovsky Yu.M., Kirgizbaev V.P. Software and mathematical support for the study of information security economics performance indicators. *System Analysis and Mathematical Modeling*. 2024;6(2):209-220. (In Russ., abstract in Eng.) [https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6\(2\).209-220](https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6(2).209-220)
11. Khranilov V.P., Burago P.N. Mathematical support of a decision support system for information security risk management. *Mathematical methods in technology and engineering*. 2024;6:107-110. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: DZQSPY
12. Trenchev I., Dimitrov W., Dimitrov G., Ostrovska T., Trencheva M. *Applied Sciences*. 2023;13(11):6508. <https://doi.org/10.3390/app13116508>
13. Sizov V.A., Dorozhkin A.A. Modeling the economics of information security of an economic entity based on the simplex method. *Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2021;18(1):173-178. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-1-173-178>
14. Balandin D., Egamov A., Kuzenkov O., Pristavchenko O., Vildanov V. Educational and Research Project "Optimization of the Sugar Beet Processing Schedule". In: Voevodin V., Sobolev S., Yakobovskiy M., Shagaliev R. (eds.) *Supercomputing. RuSCDays 2022. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 13708. Cham: Springer; 2022. p. 409-422. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22941-1_30



15. Egamov A.I., Burago P.N. Applied Discrete Optimization in the Development of the Discipline "Computational Methods". In: Voevodin V., Antonov A., Nikitenko D. (eds.) Supercomputing. RuSCDays 2024. *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 15407. Cham: Springer; 2025. p. 137-151. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78462-0_10
16. Khranilov V.P., Burago P.N., Egamov A.I. Mathematical Model DDS for Information Security Management of the Organization. *E3S Web of Conferences*. 2024;537:09009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453709009>
17. Burago P.N., Khranilov V.P., Egamov A.I. Information security resource management strategy for corporate problem-oriented computer systems. *Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev*. 2024;(3):7-13. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: MPWBAG
18. Sviridov V.I., Moiseev S.I. Mathematical models of optimal distribution of protective resources by sources of information threats. *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*. 2019;28(1):110-112. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: NIWSIO
19. Nadezhdin E.N. The choice of an information network protection mechanism based on the discrete programming method. *Naukosphere*. 2024;(1-1):184-190. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10491383>
20. Kanev S.A. Emphasis on the effect. Determining the characteristics of the effectiveness of using information assets of companies. *Creative Economy*. 2010;44(8):42-47. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: MSVWFV
21. Schrijver A. On the History of Combinatorial Optimization (Till 1960). *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2005;12:1-68. [https://doi.org/10.1016/s0927-0507\(05\)12001-5](https://doi.org/10.1016/s0927-0507(05)12001-5)
22. Kuhn H.W. The Hungarian Method for the assignment problem. *Naval Research Logistics Quarterly*. 1955;2(1-2):83-97. <https://doi.org/10.1002/nav.3800020109>
23. Egamov A.I., Ryabova E.A. Comparing Variations of the Greedy Strategy to Find the Optimal Sugar Beet Processing Schedule. *BIO Web of Conferences*. 2024;140:03014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414003014>
24. Balandin D.V., Kuzenkov O.A., Egamov A.I., Gertel A.O. Educational and research project in the system of digital culture competence formation. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(2):447-459. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202302.447-459>
25. Balandin D., Kuzenkov O., Egamov A. Evaluation of the efficiency of sugar beet processing strategies based on the data of the Sergach Sugar Factory. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023;1206(1):012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012046>
26. Balandin D., Kuzenkov O., Egamov A. Development of Components for Monitoring and Control Intelligent Information System. In: Voevodin V., Sobolev S., Yakobovskiy M., Shagaliev R. (eds.) Supercomputing. RuSCDays 2023. *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 14389. Cham: Springer; 2023. p. 162-177. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49435-2_12

Поступила 13.03.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 27.06.2025.

Submitted 13.03.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 27.06.2025.

Об авторах:

Бурого Павел Николаевич, аспирант кафедры компьютерных технологий в проектировании и производстве Института радиоэлектроники и информационных технологий, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева» (603155, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8010-906X>, burago.pasha@yandex.ru

Хранилов Валерий Павлович, профессор кафедры компьютерных технологий в проектировании и производстве Института радиоэлектроники и информационных технологий, заместитель

About the authors:

Pavel N. Burago, postgraduate student of the Department of Computer Technologies in Design and Production, Institute of Radio Electronics and Information Technology, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (24 Minin St., Nizhny Novgorod 603155, Russian Federation), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8010-906X>, burago.pasha@yandex.ru

Valery P. Khranilov, Professor of the Department of Computer Technologies in Design and Production, Institute of Radio Electronics and Information Technology, Deputy Director of the Institute of Radio Electronics and Information Technology for scientific



директора Института радиоэлектроники и информационных технологий по научной работе, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева» (603155, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1317-5320>**, hranilov@nttu.ru

Эгамов Альберт Исмаилович, доцент кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Института информационных технологий, математики и механики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), кандидат физико-математических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3630-7237>**, albert810@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

work, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (24 Minin St., Nizhny Novgorod 603155, Russian Federation), Dr. Sci. (Tech.), Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1317-5320>**, hranilov@nttu.ru

Albert I. Egamov, Associate Professor of the Department of Differential Equations, Mathematical and Numerical Analysis, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation), Cand. Sci. (Phys.-Math.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3630-7237>**, albert810@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.