

Е.Г. Царькова

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ОРГАНА
ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

Аннотация. Рассматривается математическая модель работы системы управления электронным документооборотом специального назначения с использованием теории массового обслуживания. Представлена постановка задачи организации работы системы документооборота в форме многофазной системы массового обслуживания, для которой вычислены стационарные вероятности системы. Предлагается модель функционирования системы с динамической дисциплиной обслуживания заявок, формализуемой в форме задачи оптимального управления с возможностью управления процессом оптимизации с помощью изменения дисциплиной обслуживания заявок, что позволяет получать существенный прирост эффективности системы документооборота при заданных ограничениях на используемые ресурсы.

Ключевые слова: система управления электронным документооборотом, многофазная система массового обеспечения, математическое моделирование, схема Эйлера, оптимальное управление, дискретная задача оптимального управления, нелинейное программирование, необходимые условия оптимальности, уголовно-исполнительная система.

E.G. Tsarkova

MODEL OF OPTIMAL RELIABILITY MANAGEMENT OF ELECTRONIC
DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM EXECUTIVE AUTHORITY

Abstract. The paper considers a mathematical model of the operation of a special-purpose electronic document management system using queuing theory. A statement of the task of organizing the work of the document management system in the form of a multiphase queuing system, for which the stationary probabilities of the system are calculated, is presented. A model of the functioning of a system with a dynamic discipline of application service, formalized in the form of an optimal control problem, is considered. The possibility of managing the optimization process by changing the discipline of application service is noted, which allows for a significant increase in the efficiency of the document management system under given restrictions on the resources used.

Keywords: electronic document management system, multiphase mass support system, mathematical modeling, Euler scheme, optimal control, discrete optimal control problem, nonlinear programming, necessary optimality conditions, Penal System.

Введение

Система управления электронным документооборотом специального назначения – важнейшая составляющая деятельности учреждений и органов уголовно-исполнительной системы (далее – УИС) [9; 11]. Документооборот, применяемый в служебной деятельности ведомства, представляет собой сложный многоэтапный процесс, от эффективности организации которого во многом зависит оперативность принятия должностными лицами управленческих решений [2; 3]. Прохождение документа через систему делопроизводства учреждения может рассматриваться как многоэтапный процесс, включающий стадию создания

Царькова Евгения Геннадьевна

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник НИЦ-1. Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний, Москва; доцент кафедры информационных систем и методов искусственного интеллекта. Тверской государственный университет, город Тверь. Сфера научных интересов: методы оптимизации, математическое моделирование, оптимальное управление, нейросетевые технологии. Автор более 100 опубликованных научных работ. Электронный адрес: university69@mail.ru

(поступления) документа, регистрации, а также этапы назначения исполнителя и исполнения документа, передачи в архив. Система управления электронным документооборотом учреждений УИС (далее – СУЭД УИС) служит обеспечению возможности обмена информацией на всех уровнях управления ведомства, что является важнейшим звеном управленческой деятельности органов и учреждений УИС. В связи с этим задача моделирования СУЭД, анализа и оптимизации работы системы в целях обеспечения надежности обмена информацией между субъектами управления УИС является актуальной и практически значимой.

Общая схема организации документооборота учреждения приведена на Рисунке 1.

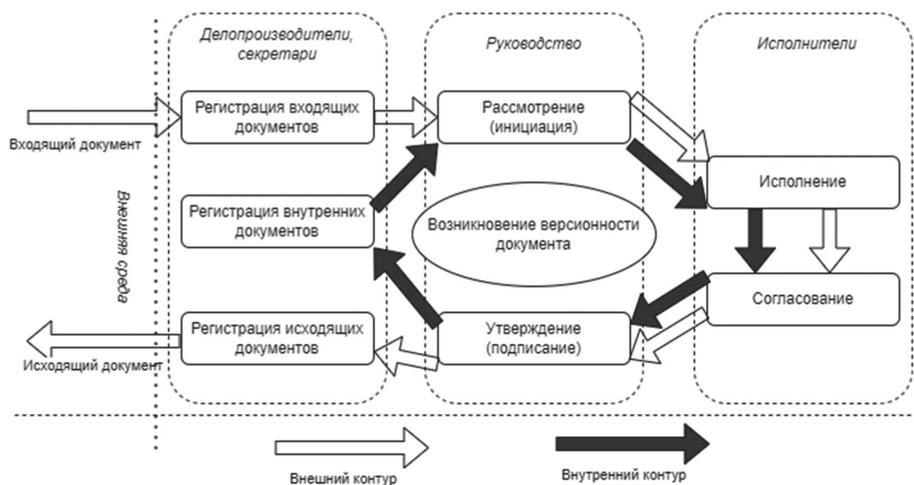


Рисунок 1. Схема организации документооборота учреждения

Система документооборота как многофазная система массового обслуживания

Систему документооборота учреждения будем рассматривать как многофазную систему массового обслуживания (далее – СМО). На Рисунке 2 приведена общая схема многофазной СМО, включающая три фазы работы с документом: поступление, рассмотрение, исполнение.

Фазы в трехфазной СМО в каждый момент времени находятся в одном из состояний: «свободна» (символ 0), «занята» (символ 1), «заблокирована» (символ b) [5; 6; 10]. Пусть состояние первой фазы обозначается индексом i , второй фазы – j , третьей фазы – k . Получаем следующую совокупность возможных состояний рассматриваемой трехфазной СМО [4]:

Модель оптимального управления надежностью системы электронного документооборота ...

$$\{(i, j, k)\} = \left\{ (0, 0, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 1), \right. \\ \left. (1, 1, 0), (b, 1, 0), (1, b, 1), (b, b, 1), (b, 1, 1), (0, b, 1) \right\} \quad (1)$$



Рисунок 2. Модель процесса движения документа в СУЭД

Полагаем, что входной поток требований имеет пуассоновское распределение, а обслуживание в фазах осуществляется по экспоненциальному закону.

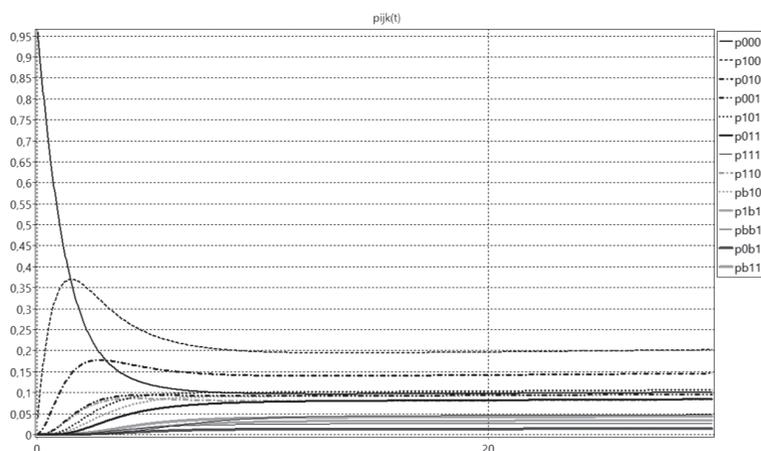
Введем следующие обозначения: $p_{ijk}(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии (i, j, k) в момент времени t . Получаем следующую систему дифференциальных уравнений, описывающую работу трехфазной СМО:

$$\begin{aligned} \frac{dp_{000}(t)}{dt} &= -\lambda p_{000}(t) + \mu p_{001}(t), & \frac{dp_{100}(t)}{dt} &= \lambda p_{000}(t) - \mu p_{100}(t) + \mu p_{101}(t), \\ \frac{dp_{010}(t)}{dt} &= \mu p_{100}(t) - (\lambda + \mu) p_{010}(t) + \mu p_{011}(t), & \frac{dp_{001}(t)}{dt} &= \mu p_{010}(t) - (\lambda + \mu) p_{001}(t) + \mu p_{0b1}(t), \\ & \frac{dp_{101}(t)}{dt} = \lambda p_{001}(t) - 2\mu p_{101}(t) + \mu p_{110}(t) + \mu p_{1b1}(t), \\ & \frac{dp_{011}(t)}{dt} = \lambda p_{101}(t) - (\lambda + 2\mu) p_{011}(t) + \mu p_{b10}(t) + \mu p_{bb1}(t), \\ \frac{dp_{111}(t)}{dt} &= \lambda p_{011}(t) - 3\mu p_{111}(t), & \frac{dp_{110}(t)}{dt} &= \lambda p_{010}(t) + \mu p_{111}(t) - 2\mu p_{110}(t), \\ \frac{dp_{b10}(t)}{dt} &= \mu p_{110}(t) - \mu p_{b10}(t) + \mu p_{b11}(t), & \frac{dp_{1b1}(t)}{dt} &= \lambda p_{111}(t) - 2\mu p_{1b1}(t) + \lambda p_{0b1}(t), \\ \frac{dp_{bb1}(t)}{dt} &= \mu p_{1b1}(t) - \mu p_{bb1}(t) + \mu p_{b11}(t), & \frac{dp_{b11}(t)}{dt} &= \mu p_{111}(t) - 2\mu p_{b11}(t), \\ & \frac{dp_{0b1}(t)}{dt} = \mu p_{011}(t) - (\lambda + \mu) p_{0b1}(t), t \in [0, T]. \end{aligned} \quad (2)$$

Построим компьютерную модель работы рассматриваемой многофазной системы массового обслуживания с применением дискретной аппроксимации полученных соотношений. Вводим на отрезке $[0, T]$ равномерную сетку с шагом $\Delta t = \frac{T}{q} : \{t_l = \Delta t \cdot l, 0 \leq l \leq q\}$.

Обозначим ее как $p_{ijk}^l(t_l) = p_{ijk}^l$, $l = \overline{0, q}$. Для получения соотношений, аппроксимирующих производные с точностью $O(\Delta t)$, используем формулы Эйлера: $\dot{p}_{ijk}^l(t^l) \approx \frac{p_{ijk}^{l+1} - p_{ijk}^l}{\Delta t}$, $l = \overline{0, q-1}$, $p_{000}^0 = 1$, $p_{ijk}^0 = 0, ijk \neq 111$.

На Рисунке 3 приведены графики, построенные с использованием полученных дискретных соотношений, отражающие зависимость вероятностей состояний системы от времени. Вычисления проведены в среде Lazarus при следующих значениях параметров: $\lambda = 0,67, \mu = 0,7, T = 30$.

Рисунок 3. Графики $p_{ijk}(t)$

Получены следующие значения финальных вероятностей:

$$P_{000} = p_{000}(T) = 0,102, P_{100} = p_{100}(T) = 0,201, P_{010} = p_{010}(T) = 0,145, P_{101} = p_{101}(T) = 0,107, \\ P_{011} = p_{011}(T) = 0,084, P_{111} = p_{111}(T) = 0,027, P_{110} = p_{110}(T) = 0,102083, P_{b10} = p_{b10}(T) = 0,096, \\ P_{1b1} = p_{1b1}(T) = 0,034, P_{b11} = p_{b11}(T) = 0,013, P_{0b1} = p_{0b1}(T) = 0,043.$$

Обеспечение эффективности работы СУЭД

Задача обеспечения требуемой эффективности работы СУЭД за счет повышения оперативности и надежности обработки документов требует разработки специальных алгоритмов, методов оптимизации системы за счет осуществления управляющих воздействий [8]. В работе [7] исследуется класс управляемых систем массового обслуживания, в которых управление СМО реализуется, например, за счет управления дисциплиной обслуживания заявок, изменения интенсивностей обслуживания очередей, осуществления управляющих воздействий на поступающий поток заявок и др. В рассматриваемом случае полагаем, что оптимизация работы СМО будет осуществляться за счет управления дисциплиной обслуживания заявок. Поскольку для увеличения интенсивности обслуживания требуется привлечение дополнительных ресурсов, приходим к необходимости рассмотрения парето-оптимальной задачи определения стратегии управления прохождением документов через СУЭД УИС при наличии ограничений на величину используемых ресурсов [1]. Указанная постановка проблемы приводит к возможности применения методов оптимального управления и нелинейного программирования. Полагая интенсивность обслуживания заявок изменяющейся во времени за счет возможности привлечения дополнительных ресурсов, считаем величину $\mu = \mu(t)$ управляющим параметром ($u(t) = \mu(t), t \in [0, T]$).

С учетом обозначений $x_1(t) = p_{000}(t)$, $x_2(t) = p_{100}(t)$, $x_3(t) = p_{010}(t)$, $x_4(t) = p_{001}(t)$, $x_5(t) = p_{101}(t)$, $x_6(t) = p_{011}(t)$, $x_7(t) = p_{111}(t)$, $x_8(t) = p_{110}(t)$, $x_9(t) = p_{b10}(t)$, $x_{10}(t) = p_{1b1}(t)$, $x_{11}(t) = p_{bb1}(t)$, $x_{12}(t) = p_{b11}(t)$, $x_{13}(t) = p_{0b1}(t), t \in [0, T]$ получаем систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику работы СУЭД:

Модель оптимального управления надежностью системы электронного документооборота ...

$$\begin{aligned}
 \dot{x}_1(t) &= -\lambda x_1(t) + u(t)x_4(t), \dot{x}_2(t) = \lambda x_1(t) - u(t)(x_2(t) - x_5(t)), \\
 \dot{x}_3(t) &= u(t)x_2(t) - (\lambda + u(t))x_3(t) + u(t)x_6(t), \dot{x}_4(t) = u(t)x_3(t) - (\lambda + u(t))x_4(t) + u(t)x_{13}(t), \\
 \dot{x}_5(t) &= \lambda x_4(t) - u(t)(2x_5(t) - x_8(t) - x_{10}(t)), \dot{x}_6(t) = \lambda x_5(t) - (\lambda + 2u(t))x_6(t) + u(t)(x_9(t) + x_{11}(t)), \\
 \dot{x}_7(t) &= \lambda x_6(t) - 3u(t)x_7(t), \dot{x}_8(t) = \lambda x_3(t) + u(t)(x_7(t) - 2x_8(t)), \\
 \dot{x}_9(t) &= u(t)(x_8(t) - x_9(t) + x_{12}(t)), \dot{x}_{10}(t) = \lambda(x_7(t) + x_{13}(t)) - 2u(t)x_{10}(t), \\
 \dot{x}_{11}(t) &= u(t)(x_{10}(t) - x_{11}(t) + x_{12}(t)), \dot{x}_{12}(t) = u(t)(x_7(t) - 2x_{12}(t)), \\
 \dot{x}_{13}(t) &= u(t)x_6(t) - (\lambda + u(t))x_{13}(t), t \in [0, T], \\
 x_1(0) &= 1, x_k(0) = 0, k = \overline{2, 13}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

На величину управляющего воздействия наложены естественные ограничения, связанные с ограниченностью используемого ресурса:

$$0 \leq u(t) \leq U, t \in [0, T].$$

Целью управления является минимизация затрат на обслуживание заявок при условии сохранения значений показателя готовности системы к приему новых заявок не ниже заданного уровня a : $x_1(t) \geq a, t \in [0, T]$. Данное условие может быть учтено в задаче путем ввода штрафного коэффициента M . Таким образом, целевой функционал в рассматриваемой задаче примет вид

$$I(u) = \int_0^T (Nx_1(t) - M \max^2\{a - x_1(t); 0\} - \alpha u(t)) dt \rightarrow \max, \tag{4}$$

где α, N – нормировочные коэффициенты.

В результате получаем задачу оптимального управления следующего вида. Требуется минимизировать функционал

$$I(u) = \int_0^T (\alpha u(t) - Nx_1(t) + M \max^2\{a - x_1(t); 0\}) dt \rightarrow \min \tag{5}$$

при динамических ограничениях:

$$\begin{aligned}
 \dot{x}_1(t) &= -\lambda x_1(t) + u(t)x_4(t), \dot{x}_2(t) = \lambda x_1(t) - u(t)(x_2(t) - x_5(t)), \\
 \dot{x}_3(t) &= u(t)x_2(t) - (\lambda + u(t))x_3(t) + u(t)x_6(t), \dot{x}_4(t) = u(t)x_3(t) - (\lambda + u(t))x_4(t) + u(t)x_{13}(t), \\
 \dot{x}_5(t) &= \lambda x_4(t) - u(t)(2x_5(t) - x_8(t) - x_{10}(t)), \dot{x}_6(t) = \lambda x_5(t) - (\lambda + 2u(t))x_6(t) + u(t)(x_9(t) + x_{11}(t)), \\
 \dot{x}_7(t) &= \lambda x_6(t) - 3u(t)x_7(t), \dot{x}_8(t) = \lambda x_3(t) + u(t)(x_7(t) - 2x_8(t)), \\
 \dot{x}_9(t) &= u(t)(x_8(t) - x_9(t) + x_{12}(t)), \dot{x}_{10}(t) = \lambda(x_7(t) + x_{13}(t)) - 2u(t)x_{10}(t), \\
 \dot{x}_{11}(t) &= u(t)(x_{10}(t) - x_{11}(t) + x_{12}(t)), \dot{x}_{12}(t) = u(t)(x_7(t) - 2x_{12}(t)), \\
 \dot{x}_{13}(t) &= u(t)x_6(t) - (\lambda + u(t))x_{13}(t), t \in [0, T],
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

ограничениях на управление:

$$0 \leq u(t) \leq U, \quad t \in [0, T], \quad (7)$$

начальных условиях:

$$x_1(0) = 1, \quad x_k(0) = 0, k = \overline{2, 13}. \quad (8)$$

На Рисунке 4 приведены результаты численного эксперимента при изменении $u(t)$ на отрезке $[t_0, t_1]$ до величины $\mu = 1$ с последующим возвращением к исходному значению $\mu = 0,7$, что обеспечило увеличение значения финальной вероятности P_{000} на 7,5 %.

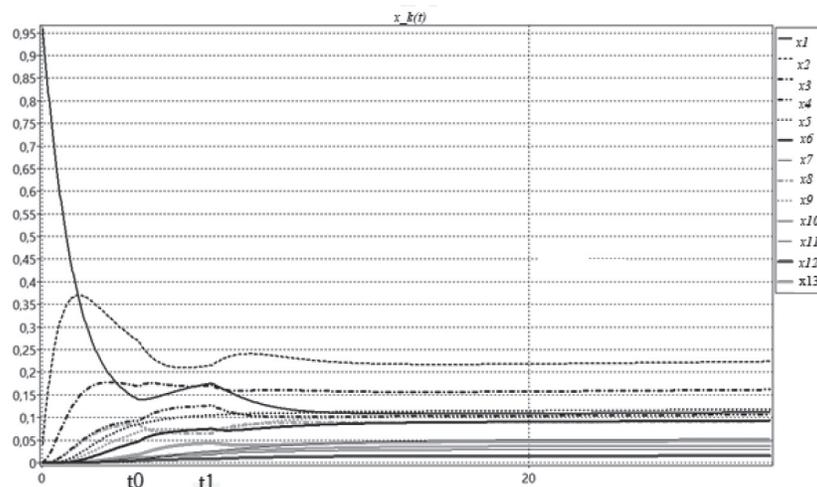


Рисунок 4. Графики $x_k(t)$ с динамической дисциплиной обслуживания заявок

Заключение

Постановка задачи оптимизации работы СУЭД в форме задачи оптимального управления позволяет управлять работой системы электронного документооборота в каждый момент времени, обеспечивая возможность увеличения скорости обработки поступающих документов при заданных ограничениях на имеющиеся ресурсы. Полученные при такой постановке задачи могут быть решены численно с использованием метода быстрого автоматического дифференцирования [1].

Дискретная задача, соответствующая рассмотренной выше непрерывной задаче оптимального управления, примет вид

Модель оптимального управления надежностью системы электронного документооборота ...

$$\begin{aligned}
 I([x],[u]) &= \sum_{i=0}^{q-1} (\alpha u^i - N x_1^i + M \max^2 \{a - x_1^i; 0\}) \Delta t \rightarrow \min, \\
 x_1^{i+1} &= x_1^i - (\lambda x_1^i - u^i x_4^i) \Delta t, \quad x_2^{i+1} = x_2^i + (\lambda x_1^i - u^i (x_2^i - x_5^i)) \Delta t, \\
 x_3^{i+1} &= x_3^i + (u^i x_2^i - (\lambda + u^i) x_3^i + u^i x_6^i) \Delta t, \quad x_4^{i+1} = x_4^i + (u^i x_3^i - (\lambda + u^i) x_4^i + u^i x_{13}^i) \Delta t, \\
 x_5^{i+1} &= x_5^i + (\lambda x_4^i - u^i (2x_5^i - x_8^i - x_{10}^i)) \Delta t, \quad x_6^{i+1} = x_6^i + (\lambda x_5^i - (\lambda + 2u^i) x_6^i + u^i (x_9^i + x_{11}^i)) \Delta t, \\
 x_7^{i+1} &= x_7^i + (\lambda x_6^i - 3u^i x_7^i) \Delta t, \quad x_8^{i+1} = x_8^i + (\lambda x_3^i + u^i (x_7^i - 2x_8^i)) \Delta t, \\
 x_9^{i+1} &= x_9^i + (u^i (x_8^i - x_9^i + x_{12}^i)) \Delta t, \quad x_{10}^{i+1} = x_{10}^i + (\lambda (x_7^i + x_{13}^i) - 2u^i x_{10}^i) \Delta t, \\
 x_{11}^{i+1} &= x_{11}^i + u^i (x_{10}^i - x_{11}^i + x_{12}^i) \Delta t, \quad x_{12}^{i+1} = x_{12}^i + u^i (x_7^i - 2x_{12}^i) \Delta t, \\
 x_{13}^{i+1} &= x_{13}^i + (u^i x_6^i - (\lambda + u^i) x_{13}^i) \Delta t, \quad i = \overline{0, q-1}, \\
 x_1(0) &= 1, \quad x_k^0 = 0, k = \overline{2, 13}, \\
 0 \leq u^i &\leq U, \quad i = \overline{0, q-1}.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Применение необходимых условий оптимальности позволяет строить приближенное численное решение полученной дискретной задачи оптимального управления при различных значениях параметров задачи, обеспечивая возможность оперативной корректировки управляющих воздействий.

Выводы

Таким образом, предложенная модель, основанная на рассмотрении работы СУЭД в форме многофазной системы массового обслуживания с дальнейшей оптимизацией полученной СМО численными методами, может быть использована для обеспечения возможности совершенствования СУЭД УИС как на этапе проектирования системы, так и в процессе ее эксплуатации.

Литература

1. Андреева Е.А., Цирулева В.М. Вариационное исчисление и методы оптимизации. М.: Высшая школа, 2006. 584 с.
2. Анфилатов В.С., Авраменко В.С., Пантюхин О.И. Теоретические основы автоматизации управления войсками и связью: учебное пособие. Ч. 2. Основы построения и функционирования систем автоматизации управления войсками и связью. СПб.: ВАС, 2015. 304 с.
3. Громов Ю.Ю., Тютюнник В.М. Меры количества и качества информации // Информационные системы и процессы. Т. 11. С. 4–18.
4. Информационные процессы сложных систем / В.И. Сумин, Т.Е. Смоленцева, Р.Д. Апсальмова, С.Л. Сахаров // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Воронежский институт ФСИН России, 2016. С. 154–156.
5. Информационные технологии: учебное пособие / Ю.Ю. Громов, И.В. Дидрих, О.Г. Иванова, М.А. Ивановский, В.Г. Однолюк. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2015. 192 с.

6. Кравченко А.С., Родин С.В., Смоленцева Т.Е. Аппаратно-программные средства и информационные процессы защиты систем предоставления пользователям доступа к программным ресурсам // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1.
7. Рыков В.В. Управляемые системы массового обслуживания // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. 1975. Т. 12. С. 43–153.
8. Сумин В.И., Чураков Д.Ю., Царькова Е.Г. Разработка моделей и алгоритмов информационных структур и процессов объектов особой важности // Промышленные АСУ и контроллеры. 2019. № 4. С. 30–39.
9. Техническое обеспечение связи и автоматизации / А.В. Чихачев, С.М. Третьяков, А.А. Бурлаков [и др.]. СПб.: ВАС, 2017. 302 с.
10. Управление контролем целостности эталонной автоматизированной информационной системы вневедомственной охраны / А.В. Душкин, М.А. Жукова, С.В. Родин, В.И. Сумин // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2013. № 1 С. 51–55.
11. Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A. (2020) Optimal management of website under adverse impacts conditions. J. of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems, pp. 012113.

References

1. Andreeva E.A., Ciruleva V.M. (2006) *Variacionnoe ischislenie i metody optimizacii* [Calculus of variations and optimization methods]. Moscow, Vysshaya Shkola Publishing, 584 p. (in Russian).
2. Anfilatov V.S., Avramenko V.S., Pantyuhin O.I. (2015) *Osnovy postroeniya ifunkcionirovaniy asistem avtomatizacii upravleniya vojskami i svyaz'yu* [Fundamentals of construction and operation of automation systems for command and control of troops and communications]. St. Petersburg, VAS Publishing, 304 p. (in Russian).
3. Gromov Yu.Yu., Tyutyunik V.M. *Mery kolichestva i kachestva informacii* [Measures of quantity and quality of information]. *Informacionnye sistemy i process*, vol. 11, pp. 4–18 (in Russian).
4. Sumin V.I., Smolenceva T.E., Apsalyamova R.D., Saharov S.L. (2016) *Informacionnye process slozhnyh sistem* [Information process of complex systems]. *Aktual'nye problem deyatel'nosti podrazdelenij UIS: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of the activities of the units of the penal system: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference], pp. 154–156 (in Russian).
5. Gromov Yu.Yu., Didrih I.V., Ivanova O.G., Ivanovskij M.A., Odnol'ko V.G. (2015) *Informacionnye tekhnologii* [Information Technology]. Tambov, TGTU Publishing, 192 p (in Russian).
6. Kravchenko A.S., Rodin S.V., Smolenceva T.E. (2015) *Apparatno-programmnye sredstva i informacionnye process zashchity system predostavleniya pol'zovatelyam dostupa k programmnym resursam* [Hardware and software and information process for protecting systems providing users with access to software resources] *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, No. 1 (in Russian).
7. Rykov V.V. (1975) *Upravlyaemye sistemy massovogo obsluzhivaniya* [Controlled queuing systems]. *Teoriya veroyatnostej. Matematicheskaya statistika. Teoreticheskaya kibernetika*, vol. 12, pp. 43–153 (in Russian).
8. Sumin V.I., Churakov Yu., Car'kova E.G. (2019) *Razrabotka modelej i algoritmov informacionnyh struktur i processov ob'ektov osoboj vazhnosti* [Development of models and algorithms for information structures and processes of objects of special importance]. *Promyshlennye ASU i kontrolyery*, No. 4, pp. 30–39 (in Russian).

9. Chihachev A.V., Tret'yakov S.M., Burlakov A.A. (2017) *Tekhnicheskoe obespechenie svyazi i avtomatizacii* [Technical support of communication and automation]. St. Petersburg, VAS Publishing, 302 p. (in Russian).
10. Dushkin A.V, Zhukova M.A, Rodin S.V, Sumin V.I. (2013) *Upravlenie kontrolom celostnosti etalonnoj avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy vnevedomstvennoj ohrany* [Control of the integrity of the reference automated information system of non-departmental security]. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii*, No. 1, pp. 51–55 (in Russian).
11. Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A. (2020) Optimal management of website under adverse impacts conditions. *J. of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems*, p. 012113.