


УДК 004.02: 004.05

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.41.2.018](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.41.2.018)

Математические модели для расчета и анализа показателей эффективности использования ресурсов автоматизированных систем управления

А.М. Бочкарев 

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Российская Федерация

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация
albo-73@mail.ru *

Резюме. Современная автоматизированная система управления (АСУ) производственными процессами характеризуется высокой интенсивностью обновления, увеличением объема поступающей информации, развитием интегрированных процессов управления. Это реализуется за счет внедрения корпоративных информационных систем, информационных и телекоммуникационных технологий, профессиональной подготовки специалистов. В то же время практика свидетельствует о неполном задействовании всех возможностей ныне функционирующих АСУ, а имеющиеся информационные технологии и ресурсы используются недостаточно эффективно. Также существуют проблемы согласования информационных ресурсов и наличия специалистов, способных и готовых их использовать. В процессе оценивания подсистем АСУ промышленного предприятия (организации) выделяется принцип единства, который определяет непрерывность управленческих бизнес-процессов менеджмента промышленного предприятия в совершенствовании технической, системно-логической, прикладной и организационно-методической подсистем АСУ, обеспечивающих интеграцию и координацию взаимодействия линейных и функциональных звеньев в рациональном распределении ресурсов для производства востребованной товарной продукции. В работе рассматриваются бизнес-процедуры анализа, оценки и проектирования автоматизированной системы управления по различным критериям. Предложены следующие критерии: наличие, доступность, востребованность. Оцениваются текущие показатели эффективности функционирования предприятия (организации) и сравниваются с заданными. Разработан метод совершенствования АСУ, который позволил выявить «узкие места» с использованием инструментария прогнозирования, провести необходимые управленческие решения и оценить результаты их воздействия. На основании проведенных исследований разработана модель оценки совершенствования автоматизированной системы управления промышленного предприятия, использующая подход, оценивающий текущие показатели эффективности функционирования предприятия (организации). Материалы статьи представляют практическую ценность для улучшения хозяйственной деятельности предприятий и организаций различного профиля с использованием предложенного математического, программного и методического инструментария.

Ключевые слова: автоматизированная система управления (АСУ), эффективность управления организационно-экономической системой, экспертное оценивание, наличие, доступность, востребованность, управляющее воздействие.

Для цитирования: Бочкарев А.М. Математические модели для расчета и анализа показателей эффективности использования ресурсов автоматизированных систем управления. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2023;11(2). URL: <https://moitvvt.ru/journal/pdf?id=1346> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.018

Mathematical models for calculation and analysis of resources efficiency use indicators of automated control systems

A.M. Bochkarev✉

*Perm State Agrarian and Technological University named after academician
D.N. Pryanishnikov, Perm, the Russian Federation
Perm National Research Polytechnic University, Perm, the Russian Federation
albo-73@mail.ru✉*

Abstract. The modern automated control system (ACS) of production processes is characterized by a fast pace of updating, an increase in the volume of incoming information, and the development of integrated management processes. This is achieved through the introduction of corporate information systems, information and telecommunication technologies, and professional training of specialists. At the same time, experience shows that all the capabilities of the currently functioning automated control systems are not fully utilized, and the available information technologies and resources are not used effectively enough. There are also problems with the coordination of information resources and the availability of specialists who are able and ready to use them. In the process of evaluating the subsystems of an industrial enterprise (organization) automated control system, the principle of uniformity is highlighted which determines the continuity of the managerial business processes of industrial enterprise management when improving the technical, system-logical, applied and organizational-methodological subsystems of an automated control system ensuring the integration and coordination of linear and functional link interaction in the rational allocation of resources for the production of marketable products. The paper considers business procedures for analysis, evaluation, and design of an automated control system according to various criteria. The following criteria are proposed: availability, accessibility, demand. The current performance indicators of the enterprise (organization) operation are evaluated and compared with the specified ones. The method of automated control system improvement has been developed, which made it possible to identify "bottlenecks" using forecasting tools, make the necessary management decisions and evaluate the results of their impact. Based on the conducted research, the model for evaluating the improvement of the automated management system of an industrial enterprise has been developed using an approach that evaluates the current performance indicators of the enterprise (organization) operation. The materials of the article are of practical value for improving the economic activities of enterprises and organizations of various kinds using the proposed mathematical, software and methodological tools.

Keywords: automated control system (ACS), efficiency management of the organizational and economic system, expert assessment, availability, affordability, demand, controlling influence.

For citation: Bochkarev A.M. Mathematical models for calculation and analysis of resources efficiency use indicators of automated control systems. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1346> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.018

Введение

Актуальность данной работы заключается в совершенствовании автоматизированной системы управления предприятием на основе предложенных автором математических моделей и методов, упрощающих оценку использования ресурсов.

Цель: разработать и исследовать математические модели организации эффективной автоматизированной системы управления (АСУ).

Задачи:

- 1) рассмотреть бизнес-процедуры анализа, оценки и проектирования АСУ;
- 2) ввести критерии оценки АСУ;
- 3) определить коэффициент эффективности использования АСУ K ;

4) предложить способы ранжирования и метод расчета весовых коэффициентов;
5) построить математические модели определения коэффициентов эффективности использования ресурсов подсистем АСУ.

Актуализация современных процессов, протекающих в промышленных предприятиях РФ, обуславливает необходимость детального анализа существующих АСУ [1].

Подобные системы являются составным компонентом информационных систем предприятий, а значит, оказывают непосредственное влияние на их экономическую устойчивость. Также они позволяют устранять противоречия, возникающие между количественными показателями наличия АСУ, и качественными результатами его использования.

В то же время недостаточное количество исследований в этой области определяет необходимость разработки новых моделей критериальных оценок АСУ [2].

Материалы и методы

Функционирование подсистем АСУ предполагает комбинаторный подход, определяющий непрерывность процессов управления предприятием в совершенствовании подсистем АСУ для выполнения производственного плана [3].

Также обосновывается принцип критериальности оценки АСУ [4], который констатирует необходимость разработки критериев эффективности АСУ и регулярного осуществления критериальной оценки системы АСУ и входящих в нее подсистем, которая позволяет проанализировать их с точки зрения выполнения функций по предоставлению информации о состоянии промышленного предприятия и его внешнего окружения.

АСУ следует рассматривать как одно из ключевых направлений повышения эффективности деятельности [5].

В работе рассматриваются бизнес-процедуры анализа, оценки и проектирования АСУ по различным критериям [6]. Предложены следующие критерии: наличие, доступность, востребованность (далее по тексту критерии *H*, *D*, *B*, соответственно – НДВ-анализ).

АСУ рассматривается как совокупность модулей анализа показателей эффективности [7] и анализа направлений улучшения для совершенствования экономических показателей промышленного предприятия [8] (Рисунок 1).

Задаются показатели эффективности функционирования предприятия (организации) z_k^* (например, себестоимость продукции, цикл управления, оперативные затраты). Периодически оцениваются текущие показатели эффективности функционирования предприятия (организации) z_k : если $(z_k^* - z_k) > 0$, то необходимо улучшение; если $(z_k^* - z_k) < 0$, то есть запас по показателям качества.

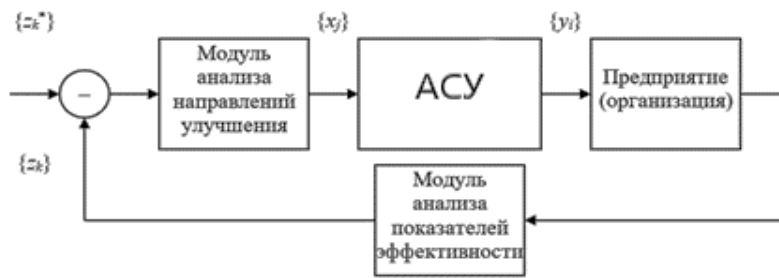


Рисунок 1 – Схема АСУ
Figure 1 – Automated control system scheme

При выявлении необходимости улучшения несоответствие детализируется, и определяются показатели качества АСУ (y_i), которые могут улучшить текущую ситуацию. Проводится модернизация подсистем АСУ (x_j). При этом важным является задание ограничений и условий, которые необходимо учитывать при улучшении выбранных показателей. Выбираются управляющие воздействия (установка нового программного обеспечения, обновление программного обеспечения, повышение квалификации сотрудников, развитие сетевой инфраструктуры и т. п.). Оценивается, как это повысит показатели качества подсистем АСУ, соответственно, показатели эффективности функционирования предприятия (организации):

$$z_k = f(\{y_i\}) \quad (1)$$

– зависимость показателей эффективности функционирования предприятия (организации) от показателей эффективности АСУ (формируется на основе эмпирических оценок и статистических данных);

$$y_i = f(\{x_j\}) \quad (2)$$

– зависимость показателей эффективности АСУ от характеристик подсистем АСУ.

Оцениваются показатели эффективности функционирования предприятия (организации) после улучшения показателей качества подсистем АСУ (прогнозированием) и сравниваются с заданными.

Математическая постановка задачи

АСУ состоит из ресурсных подсистем (РП):

$$РП = \{РП_1, РП_2, \dots, РП_i, \dots, РП_N\}, \quad (3)$$

где N – количество подсистем.

Каждая подсистема содержит характеристики (ресурсы) подсистем:

$$РП_i = \{РП_{i,1}, РП_{i,2}, \dots, РП_{i,j}, \dots, РП_{i,N_i}\}, \quad (4)$$

где N_i – количество характеристик (ресурсов) в i -ой подсистеме.

Каждый ресурс каждой подсистемы описывается показателями его использования: H, D, B . Это векторные дискретные величины:

$$H_{i,j} = \{H_{i,j}(t_1), H_{i,j}(t_2), \dots, H_{i,j}(t_k), \dots, H_{i,j}(t_n)\}, \quad (5)$$

$$D_{i,j} = \{D_{i,j}(t_1), D_{i,j}(t_2), \dots, D_{i,j}(t_k), \dots, D_{i,j}(t_n)\}, \quad (6)$$

$$B_{i,j} = \{B_{i,j}(t_1), B_{i,j}(t_2), \dots, B_{i,j}(t_k), \dots, B_{i,j}(t_n)\}, \quad (7)$$

где t_k – моменты времени расчета характеристик; n – количество отсчетов в течение заданного временного интервала. Единицы измерения – абсолютные, соответствуют оцениваемому ресурсу (штуки, часы и пр.). Они определяются на основании деятельности предприятия (это дано).

Эффективность использования одного ресурса подсистемы $K_{i,j}(t_k)$ предлагается определять через расчет коэффициента эффективности в заданные дискретные моменты времени:

$$K_{i,j}(t_k) = f(H_{i,j}(t_k), D_{i,j}(t_k), B_{i,j}(t_k)) \quad (8)$$

$$0 \leq K \leq 1.$$

Коэффициент эффективности одного ресурса подсистемы $K_{i,j}$ за рассматриваемый период (например, этап жизненного цикла) предлагается определять с использованием интегрального критерия:

$$K_{i,j} = \frac{1}{T} \int_0^T K_{i,j}(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n K_{i,j}(t_k), \quad (9)$$

где $T = n\Delta t$ – длительность временного интервала оценивания; $\Delta t = (t_k - t_{k-1})$ – шаг дискретизации.

Эффективность использования всех ресурсов подсистемы K_i предлагается определять через расчет коэффициента эффективности с учетом коэффициентов эффективности ресурсов подсистемы:

$$K_i = \lambda_{i,1}K_{i,1} + \lambda_{i,2}K_{i,2} + \dots + \lambda_{i,j}K_{i,j} + \dots + \lambda_{i,N_i}K_{i,N_i}, \quad (10)$$

где $\lambda_{i,j}$ – весовой коэффициент (показатель важности критерия), его **предлагается определять** методом ранжирования мнений экспертов с нелинейным характером распределения интервалов оценивания.

Эффективность использования АСУ K предлагается определять через расчет коэффициента эффективности с учетом коэффициентов эффективности подсистем:

$$K = \lambda_i K_i + \lambda_i K_i + \dots + \lambda_i K_i + \dots + \lambda_i K_{N_i}. \quad (11)$$

Далее необходимо определить: способы ранжирования, метод расчета весовых коэффициентов, математические модели определения коэффициентов эффективности использования ресурсов подсистем АСУ [9].

Модель

На основании проведенных исследований разработана модель оценки совершенствования АСУ, использующая подход, оценивающий текущие показатели эффективности функционирования предприятия (организации) z_k . Если есть несоответствие, то определяется, какие показатели качества АСУ (y_i) могут их улучшить. Улучшаются характеристики подсистем АСУ (x_j). Показатели эффективности сравниваются с заданными [10].

Изменение данных критериев обусловлено совокупностью нескольких этапов жизненного цикла компонентов АСУ [11].

Представленные этапы соответствуют (Рисунок 2):

I – закупка, установка, настройка (медленный рост эффективности);

II – штатное функционирование (резкое увеличение эффективности за счет расширения внедрения и увеличения перечня решаемых задач);

III – стагнация (эффективность не повышается, решаются старые задачи, но не новые);

IV – спад (эффективность снижается за счет уменьшения доли задач, решаемых с помощью данного программного продукта).

На основании анализа данных этапов можно сформулировать две постановки задачи:

– максимальная эффективность на заданном интервале времени [12];

– заданная эффективность за минимальное время [13].

Проведем анализ рассматриваемых характеристик по количественным показателям использования ресурсов (в абсолютных единицах).

Наличие (H) – реально имеющиеся объекты.

Доступность (D) – сколько объектов задействовано (работает) [14].

Востребованность (B) – потребность в объектах (сколько нужно).

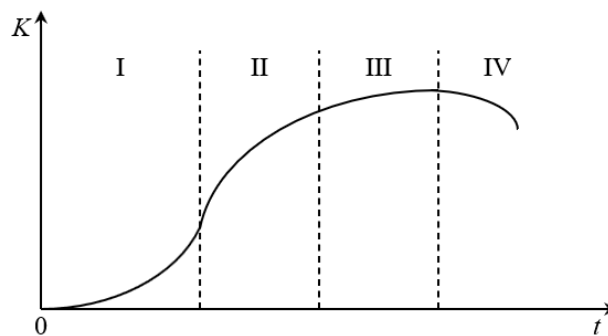


Рисунок 2 – Этапы жизненного цикла АСУ
Figure 2 – Stages of the automated control system life cycle

Для перевода в относительные единицы используется следующий подход – максимальное значение принимается за 1, а остальные – относительно нее. Поэтому максимальное значение показателя качества равно 3 (все три параметра одинаковые). Физический смысл – сколько есть, столько и работает, нет недостатка и лишнего.

Под наличием понимается то, что дано по текущему положению, поэтому данный параметр в показателе качества участвовать не должен.

Рассмотрев практические ситуации, можно выделить следующие ограничения:

1. $H > 0$.

2. $D \leq H$ (использована может быть часть или все).

Варианты.

1. $D < H$: не все, что есть в наличии, работает.

2. $B < H$: лишнее (запас, избыток).

3. $H < B$: недостаток.

Чем больше разница между показателями H и B , тем меньше эффективность рассматриваемой системы.

Определим дифференциальные показатели:

1. $\Delta_{HD} = H - D$ (неработающие (недоступные)).

2. $\Delta_{HB} = H - B$ ($H > B$, избыток).

3. $\Delta_{BH} = B - H$ ($B > H$, недостаток).

Следовательно, обобщенный показатель использования ресурсов $\sim 1/|\Delta|$. Нужно его нормировать в диапазоне $[0; 1]$:

– 0 – минимальное значение, дельты равны максимальному значению H ($D = B = 0$): все, что есть, не нужно и не работает;

– 1 – максимальное значение, дельты равны нулю ($H = D = B$).

В практике могут быть рассмотрены две ситуации:

1. $B < H$ (запас, избыток).

$$K = (D + B)/(2H) = (2H - \Delta D - \Delta B)/(2H). \quad (12)$$

Зададим граничные условия, необходимые для практического анализа возможных ситуаций.

$\Delta D > 0, \Delta B > 0$.

$\max(D) = H$ – работают все, что в наличии.

$\max(B) = H$ – нет избытка.

2. $B > H$ (недостаток).

$$K = (D + H)/(2B) = (2B - \Delta B D - \Delta B H)/(2B) = (2B - \Delta H D - 2\Delta B H)/2B. \quad (13)$$

Зададим граничные условия.

$\Delta H D > 0, \Delta B H > 0$.

$(D) \max = H$ – работают все, что в наличии.

$(H) \max = B$ – нет недостатка.

Таким образом, обобщенный критерий использования ресурсов (K – коэффициент эффективности) может быть вычислен как:

$$K = (D + \min(H, B))/(2\max(H, B)). \quad (14)$$

Избыток ($B < H$):

$$K = \lim [(D + B)/2H].$$

$D \rightarrow H$

$D \rightarrow H$

Зависимость изменения K от параметров определяется через частные производные:

$$\partial K/\partial D = 1/2H.$$

$$\partial K/\partial B = 1/2H.$$

Недостаток ($H < B$):

$$K = \lim [(D + H)/2B].$$

$D \rightarrow H$

$H \rightarrow B$

$$\partial K/\partial D = 1/2B.$$

$$\partial K/\partial H = 1/2B.$$

Можно ввести коэффициенты по каждому параметру.

$$K_d = D/H = (H - H + D)/H = 1 - (H - D)/H = 1 - \Delta d/H. \quad (15)$$

$$\partial K/\partial D = 1/H.$$

$$\partial K/\partial D = -D/H^2.$$

$$K_b = \min(H, B)/\max(H, B), \quad (16)$$

$$B < H: K_b = B/H = (H - H + B)/H = 1 - (H - B)/H = 1 - \Delta b/H, \quad (17)$$

$$H < B: K_b = H/B = (B - B + H)/B = 1 - (B - H)/B = 1 - \Delta b/H. \quad (18)$$

Для оценки эффективности строится график зависимостей коэффициентов H , D , B и K от времени по показателям: количество персональных компьютеров (ПК), локальных вычислительных сетей (ЛВС) и серверов (Рисунок 3), где коэффициенты

рассчитываются по формуле (14) и демонстрируют обобщенный критерий использования ресурсов (K – коэффициент эффективности).

По графику $K = f(t)$ можно определить:

- общую длительность спада, роста, стагнации (в процентах от общего времени, с заданными отклонениями δ^+ и δ^-);
- общую длительность времени, где коэффициент больше заданного порога (например, 75 %) [15];
- максимальную скорость роста и спада ($\Delta K/\Delta t$).

Для удобства анализа можно выполнить кусочно-линейную аппроксимацию графика полиномом 1 или 2-го порядка.

Можно рассмотреть S-образный характер изменения показателя, тогда выделяются два этапа:

- 1) наладка;
- 2) эксплуатация.

На график $K = f(t)$ наносится желаемый вид характеристики:

$$1. K^k(t) = K_{\max}(e^{Kt/T}) / (e^K - 1), \quad (19)$$

где K_{\max} – максимальное значение показателя эффективности в момент времени завершения этапа; T – время окончания периода.

$$2. K^k(t) = K_{\max}(1 - e^{-Kt/T}) / (1 - e^{-K}). \quad (20)$$

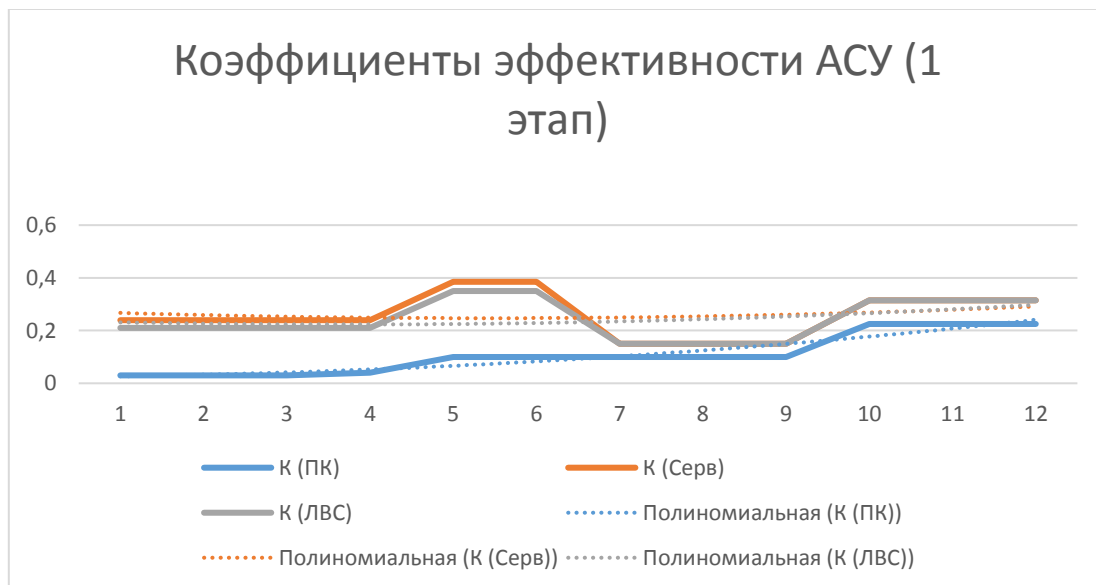


Рисунок 3 – Коэффициенты эффективности АСУ. Аппроксимация полиномом 2 степени
Figure 3 – Automated control system efficiency coefficients. Approximation by a 2 degree polynomial

Рисунок 3 демонстрирует «просадки» по коэффициентам по некоторым критериям, что позволяет определить пути повышения эффективности АСУ.

Для первого этапа желаемая характеристика определяется по формуле (19).

Примером расчетов может выступать характеристики подсистем АСУ.

Заключение

В результате были разработаны и исследованы математические модели организации эффективной АСУ, что сделало возможным дать численные оценки показателей эффективности использования ресурсов АСУ.

Эти модели позволят повысить эффективность деятельности предприятия путем разработки и использования метода совершенствования АСУ.

Результаты, связанные с оценкой эффективности АСУ и формированием организационно-технической модели системы управления АСУ, могут быть востребованы для улучшения хозяйственной деятельности предприятий и организаций различного профиля с использованием предложенного математического, программного и методического инструментария.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Квасова Е.Ю., Кудряшова, Т.В. Оценка информационной обеспеченности корпоративного управления: совершенствования. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2011;61:57–61.
2. Бочкарев А.М. Актуализация совершенствования систем АСУ промышленного предприятия. *Креативная экономика*. 2019;13(6):1205–1214.
3. Мингалева Ж.А. Ключевые факторы стимулирования технологической модернизации промышленного производства. *Вектор экономики*. 2018;22(4):80–88.
4. Камшилов С.Г., Прохорова, Л.В. Методика оценки информационной обеспеченности бизнес-процессов на предприятиях. *Вестник Челябинского государственного университета*. 2014;331(2):41–43.
5. Sonntag D. Profitlich H.-J. An architecture of open-source tools to combine textual information extraction, faceted search and information visualisation. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2019;93:13–15. DOI: 10.1016/j.artmed.2018.08.003.
6. Бочкарев А.М. Особенности структурного подхода к системе АСУ производственной деятельности предприятия. *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*. 2017;58(11):570–574.
7. Коршунов Г.И., Фрейман В.И. Модели и методы оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов. *Фундаментальные исследования*. 2015;12(6):1116–1120.
8. Матвейкин И.В., Извозчикова, В.В. *Методологическое и АСУ управления предприятиями в период становления информационной экономики*. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет; 2011, 168 с.
9. Файзрахманов Р.А., Полевщиков С.И., Мордышева А.С. Особенности комплексной автоматической оценки качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере оператора производственно-технологической системы. *Инженерный вестник Дона*. 2014;31(4):119–123.
10. *Методы и модели информационного менеджмента: Учеб. Пособие* (под ред. А.В. Кострова). М.: Финансы и статистика; 2007, 336 с.
11. Al-Ma'aitah M., Saad A., Alwadain A. Modeling of the schemes for organizing a session of person–system interactions in the information system for critical use which operates in a wireless communication environment. *Symmetry*. 2021;13(3):391–393. DOI: 10.3390/sym13030391.
12. Фрейман В.И., Кон Е.Л., Южаков А.А. Подход к разработке образовательных программ подготовки магистров. *Образовательные ресурсы и технологии*. 2014;5(2):29–34.
13. Фрейман В.И. Реализация одного алгоритма условного поиска элементов компетенций с недостаточным уровнем освоения. *Информационно-управляющие системы*. 2014;69(2):93–102.

14. Кон Е.Л., Фрейман В.И., Южаков А.А. Новые подходы к подготовке специалистов в области инфокоммуникаций. *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. 2015;25(1):73–89.
15. Иванова Т.Е., Зарецкий А.Д. *Промышленные технологии и инновации*. Санкт-Петербург: Издательство «Питер»; 2018, 480 с.

REFERENCES

1. Kvasova E.Yu., Kudryashova T.V. Assessment of information security of corporate governance: improvements. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Novgorod State University*. 2011;61:57–61. (In Russ.).
2. Bochkarev A.M. Actualization of the improvement of information support systems of an industrial enterprise. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy*. 2019;13(6):1205–1214. (In Russ.).
3. Mingaleva J.A. Key factors of stimulating technological modernization of industrial production. *Vektor ekonomiki = The vector of the economy*. 2018;22(4):80–88. (In Russ.).
4. Kamshilov S.G., Prokhorova L.V. Methodology for assessing the information security of business processes at enterprises. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2014;331(2):41–43. (In Russ.).
5. Sonntag D., Profitlich H.-J. An architecture of open-source tools to combine textual information extraction, faceted search and information visualisation. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2019;93:13–15. DOI: 10.1016/j.artmed.2018.08.003.
6. Bochkarev A.M. Features of the structural approach to the information support system of the production activity of the enterprise. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii = Competitiveness in the global world: economics, science, technology*. 2017;58(11):570–574. (In Russ.).
7. Korshunov G.I., Freiman V.I. Models and methods for assessing the conformity of product quality indicators and the effectiveness of training specialists. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2015;12(6):1116–1120. (In Russ.).
8. Matveikin I.V., Izvozchikova V.V. *Methodological and information support of enterprise management during the formation of the information economy*. Orenburg, Orenburg State Agrarian University; 2011, 168 p. (In Russ.).
9. Fayzrakhmanov, R.A., Polevshchikov S.I., Mordysheva A.S. Features of complex automatic assessment of the quality of exercises on the computer simulator of the operator of the production and technological system. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2014;31(4):119–123. (In Russ.).
10. *Methods and models of information management: a textbook*, ed. Kostrov A.V. Moscow, Finance and Statistics; 2007, 336 p. (In Russ.).
11. Al-Ma'aitah M., Saad A., Alwadain A. Modeling of the schemes for organizing a session of person–system interactions in the information system for critical use which operates in a wireless communication environment. *Symmetry*. 2021;13(3):391–393. DOI: 10.3390/sym13030391.
12. Freiman V.I., Kon E.L., Yuzhakov A.A. Approach to the development of educational programs for the preparation of masters. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii = Educational resources and technologies*. 2014;5(2):29–34. (In Russ.).
13. Freiman V.I. Implementation of one algorithm for conditional search of competence elements with insufficient level of development. *Informatsionno-upravlyayushchie sistemy = Information and control systems*. 2014;69(2):93–102. (In Russ.).

14. Kon E.L., Freiman V.I., Yuzhakov A.A. New approaches to training specialists in the field of infocommunications. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Radio engineering and infocommunication systems*. 2015;25(1):73–89. (In Russ.).
15. Ivanova T.E., Zaretsky A.D. *Industrial technologies and innovations*. St. Petersburg, Publishing House Piter; 2018, 480 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Алексей Михайлович Бочкарев, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и телекоммуникации», Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация.

e-mail: albo-73@mail.ru

ORCID: [0000-0002-8277-3810](https://orcid.org/0000-0002-8277-3810)

Aleksey Mikhailovich Bochkarev, Senior Lecturer at the Department of Information Systems and Telecommunications, Perm State Agrarian and Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Senior Lecturer at the Department of Automation and Telemechanics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 15.04.2023; одобрена после рецензирования 02.06.2023; принята к публикации 08.06.2023.

The article was submitted 15.04.2023; approved after reviewing 02.06.2023; accepted for publication 08.06.2023.