

УДК 65.014:65.011.5:658.5:004.5

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Иващенко А.В., Никифорова Т.В.**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,  
e-mail: anton-ivashenko@yandex.ru, kolesnikova.t.v.163@gmail.com*

В исследовании поднимается проблема поиска баланса при распределении потока задач между персоналом и системами искусственного интеллекта в организационной системе производственного предприятия. Обозначена потребность в формировании эффективных форм организации труда на производственном предприятии при взаимодействии персонала и систем искусственного интеллекта в единой информационной среде. Показана актуальность задачи определения рационального замещения человеческих ресурсов интеллектуальными системами. Персонал предприятия представлен акторами, системы искусственного интеллекта – агентами. Предложены две методики, первая из которых определяет количество агентов и акторов для эффективной обработки потока поступающих задач, распределяет и назначает их исполнителям, на основании полученных результатов обработки задач корректирует их распределение и назначение. Вторая методика предлагает решение проблемы эффективной организации труда, которая позволяет смоделировать и получить рекомендации для эффективных стратегий развития персонала в условиях цифровой трансформации. Определена возможность профессиональной переориентации в условиях взаимодействия персонала и искусственного интеллекта. С помощью предложенных методик определена рациональная доля применения систем искусственного интеллекта при обработке службой поддержки пользователей: 32% искусственный интеллект, 68% персонал. Такое распределение позволило сократить количество отказов на 40% и увеличить время исполнения в 1,2 раза. Из освободившихся 32% персонала 8% было распределено на обучение новых технологий и задач, 24% были распределены на работы в другие отделы.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, цифровая трансформация, искусственный интеллект, организация производства, организация труда, персонал

## RATIONAL APPLICATION OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN DIGITAL TRANSFORMATION OF A PRODUCTION ENTERPRISE

**Ivaschenko A.V., Nikiforova T.V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Technical University», Samara, e-mail: anton-ivashenko@yandex.ru, kolesnikova.t.v.163@gmail.com*

The study raises the problem of finding a balance when distributing the flow of tasks between personnel and artificial intelligence systems in the organizational system of a manufacturing enterprise. The need for the formation of effective forms of labor organization at a manufacturing enterprise with the interaction of personnel and artificial intelligence systems in a single information environment is indicated. The urgency of the problem of determining the rational replacement of human resources with intelligent systems is shown. The staff of the enterprise is represented by actors, artificial intelligence systems – by agents. Two methods are proposed, the first of which determines the number of agents and actors for efficient processing of the flow of incoming tasks, distributes and assigns them to performers, based on the results of processing tasks, adjusts their distribution and assignment. The second technique offers a solution to the problem of effective work organization, which allows you to model and get recommendations for effective strategies for personnel development in the context of digital transformation. The possibility of professional reorientation in the context of interaction between personnel and artificial intelligence has been determined. Using the proposed methods, the rational share of the use of artificial intelligence systems in the processing by the user support service was determined: 32% artificial intelligence, 68% personnel. This distribution allowed us to reduce the number of failures by 40% and increase the execution time by 1.2 times. Of the released 32% of staff, 8% was allocated to training new technologies and tasks, 24% were allocated to work in other departments.

**Keywords:** digital economy, digital transformation, artificial intelligence, organization of production, labor organization, personnel

Цифровая экономика является приоритетным направлением развития информационного общества Российской Федерации [1, 2]. Одной из актуальных областей цифровой трансформации представляется организация производства. Цифровые технологии становятся инструментами повышения результативности современного предприятия, эффективности производственных процессов и повышения конкурентоспособности.

Повышение производительности при этом происходит за счет увеличения объема производства и/или сокращения используемых для производства ресурсов [3, 4]. Активное применение систем искусственного интеллекта способствует изменению организационной структуры предприятия, сокращению персонала и переориентации кадрового обеспечения на выполнение новых должностных обязанностей [5]. В организаци-

онной структуре предприятия появляются ранее не существовавшие элементы, связанные с процессами цифровизации. Возникает потребность в совершенствовании форм организации труда на производственном предприятии при взаимодействии персонала и систем искусственного интеллекта в едином информационном пространстве. При этом отсутствуют методики определения рациональной пропорции персонала и искусственного интеллекта, перераспределения и развития персонала, высвобождающегося в процессе цифровой трансформации. В данной статье предлагается решение этих проблем с помощью методики оптимального замещения кадрового обеспечения системами искусственного интеллекта. Цель исследования заключается в совершенствовании методологических принципов цифровой трансформации производственных предприятий путем рационального замещения и переподготовки кадрового обеспечения в ходе внедрения интеллектуальных информационных технологий.

#### Материалы и методы исследования

Цифровая экономика предполагает трансформацию предприятия путем внедрения в производство систем искусственного интеллекта и перехода на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с единой информационной средой [6–10]. Существующие подходы по внедрению цифровых технологий на предприятия направлены на получение экономической выгоды, не учитывают связанные с цифровой трансформацией затраты на создание и поддержку интеллектуальных систем [11, 12]. Цифровой трансформации присущи риски, связанные с ограничением контроля принимаемых искусственным интеллектом решений [8]. Поскольку все усилия направлены на фиксацию факта внедрения технологий, предприятия сталкиваются с проблемой неэффективного использования ресурсов, которое не приводит к ожидаемому росту производства и достижению целевых показателей [10]. Информационной базой исследования служили статистические данные о результатах цифровой трансформации [12, 13], публикации и результаты международных и отечественных исследований [11, 14, 15].

Для решения задачи рационального применения систем искусственного интел-

лекта при цифровой трансформации производственного предприятия предлагается реализовать две методики. Первая методика – оптимального замещения кадрового обеспечения системами искусственного интеллекта – позволяет определить необходимую и достаточную для выполнения производственных задач долю замещения персонала предприятия элементами искусственного интеллекта. Вторая методика – моделирования и расчета стратегий развития и перераспределения персонала в условиях цифровой трансформации – помогает определить перечень задач для переключения высвободившегося персонала. Такая балансировка загрузки человеческих ресурсов и компонентов интеллектуальных систем позволяет на этапе проектирования организационных структур определить необходимое количество исполнителей для эффективной обработки поступающих задач при сохранении персонала.

В методике рассматриваются множество производственных операций или задач  $\{M\}$  и множество исполнителей  $\{N\}$ . Организация производства включает в себя процессы, согласно которым исполнители должны выполнять определенные задачи  $d_k, k \in [1, m]$ , где  $m$  – количество задач за определенный интервал времени. Задачи  $d_k$  рассматриваются в момент поступления, равнозначны, унифицированы, их поступление независимо, а выполнение не влияет на последующую обработку. На начальном этапе происходит моделирование потока поступающих задач. Исполнители на цифровом предприятии представлены персоналом, который в модели обозначен акторами  $a_i, i \in [1, n_a]$ , и системами искусственного интеллекта, которые определены агентами  $b_j, j \in [1, n_b]$ .  $n_a$  и  $n_b$  – количество акторов и агентов, участвующих в производственном процессе. С появлением нового типа исполнителей возникает необходимость распределить задачи так, чтобы их обработка была эффективной. Эффективное распределение задач обеспечивается рациональным количеством агентов и акторов с учетом их особенностей обработки задач. Необходимо распределить поступающие задачи таким образом, чтобы их обработка была выполнена с максимальными показателями эффективности. Критериями эффективности распределения задач определены время обработки задачи  $T$  (1) и количество отказов выполнения задачи  $F$  (2), которые должны стремиться к минимуму.

$$T = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} (q'_{k,i} \cdot (t'_{k,i} - t_k^0) + q''_{k,j} \cdot (t''_{k,j} - t_k^0)) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$F = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} (1 - q'_{k,i}) \cdot (1 - q''_{k,j}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $q'_{k,i}$  – событие назначения задачи на  $i$ -актора;  $q''_{k,j}$  – событие назначения задачи на  $j$ -агента;  $t'_{k,i}$  – время назначения  $k$ -ой задачи;  $t_k^0$  – время поступления  $k$ -ой задачи;  $t''_{k,j}$  – время выполнения  $k$ -ой задачи  $j$ -ым агентом.

С учетом специфики типа исполнителей возникает необходимость корректировки

$$R_x = \sum_k \sum_i \left( Q_{k,i} \cdot P(\omega(d_k, t_k), \omega(x_i, t_k^x)) \cdot \delta(t'_{k,i} \leq t_k < t'_{k,i} + \epsilon) \right), \quad (3)$$

где  $t_i^x$  – время фокусировки исполнителя  $x_i$  на  $k$ -ую задачу;  $t'_{k,i}$  – время назначения задачи,  $t_k^0 \leq t'_{k,i} \leq t_k$ ;  $Q_{k,i}$  – событие назначения  $i$ -ой задачи на  $i$ -ого исполнителя,  $P(\omega(d_k, t_k), \omega(x_i, t_k^x))$  – отношение дескриптора задачи  $\omega(d_k, t_k)$  и дескриптора исполнителя  $\omega(x_i, t_k^x)$  в момент времени  $t_k$ .

Соответствие определяется с помощью сопоставления онтологического описания классов задачи и классов агентов или акторов, которые представлены дескрипторами. Результатом вычисления является перечень задач, которые можно назначить каждому типу исполнителей.

Назначение задач происходит из общей очереди агентами и акторами в соответствии с их компетенциями, отраженными в онтологии. Сокращение времени исполнения и количества отказов формулируется как набор событий назначения  $Q_{k,i} \in \{q'_{k,i}, q''_{k,j}\}$ , где  $\{q'_{k,i}\} \cup \{q''_{k,j}\} \in \{0, 1\}$ .  $q'_{k,i}$  – назначение  $i$ -ой задачи на  $i$ -го актора,  $q''_{k,j}$  – назначение  $k$ -ой задачи на  $j$ -го агента. Для обработки входящего потока событий задач  $s_k$  должны быть доступные исполнители определенного типа (акторы –  $a_i$ ,  $i \in [1..n_a]$ , где  $n_a$  – общее количество акторов или агентов –  $b_j$ ,  $j \in [1..n_b]$ ,  $n_b$  – общее количество агентов) в требуемые моменты времени. Количество акторов постоянно и неизменно для конкретного расчета. Для каждой задачи может быть назначен только один исполнитель. По результатам назначения производится

логики назначения задач. Агенты обрабатывают задачи с более высокой скоростью, чем акторы. При этом количество отказов у агентов значительно выше, чем у акторов. Чтобы достичь минимальных показателей (1) и (2), производят анализ соответствия поступающих задач для наиболее подходящих исполнителей. Результат соответствия задачи и исполнителя описывается индикатором  $R_x$  (3), который вычисляет основные взаимосвязи между потоками событий задач и назначениями агентам или акторам.

статистический анализ событийных потоков: времени исполнения и количества отказов. При улучшении показателей эффективности количество агентов и акторов считается рациональным. Если показатели ухудшились, то производится корректировка соотношения агентов и акторов по предложенной методике.

Вторая методика посвящена перераспределению и развитию персонала, высвобождающегося в процессе цифровой трансформации. В основе методики лежит онтологический подход к формализации знаний о возможностях персонала. В результате описанного выше перераспределения части поступающих задач освобождается персонал. Предлагаемая методика определяет возможность переориентации в условиях взаимодействия персонала и систем искусственного интеллекта в едином информационном пространстве.

На первом этапе моделируется стратегия организации предприятия, производственных процессов, задач и операций. Построение стратегии развития актора можно сформулировать как набор событий  $d_k$  назначения  $i$ -ой задачи актору  $a_i$ , где  $k \in [1..N]$ ,  $N$  – максимальное количество задач. На втором этапе производится анализ соответствия онтологического описания задач предприятия с акторами. Определяются задачи  $d_k^1$  для актора  $a_i$ , имеющие максимальную близость математических дескрипторов, которая определяется критерием (4):

$$R_a^{sr1} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_a} \left( S_k^0 \cdot q_{k,i}^{sr1} \cdot p(\omega(d_k^1, t_k), \omega(a_i, t_i^a)) \cdot \delta(t_k^0 \leq t_k < t'_{k,i} + \epsilon) \right) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где  $S_k^0$  – совокупность всех задач предприятия;  $q_{k,i}^{sr1}$  – событие возможности назначения  $i$ -ой задачи на  $i$ -ого актора;  $d_k^1$  –  $k$ -ая задача предприятия;  $p(\omega(d_k^0, t_k), \omega(a_i, t_i^a))$  – отношение дескриптора задачи  $\omega(d_k^1, t_k)$  и дескриптора актора  $\omega(a_i, t_i^a)$  в момент времени  $t_k$ ;  $t_i^a$  – время действия дескриптора для актора  $a_i$ ;  $t'_{k,i}$  – время назначения задачи;  $t_k^0$  – время поступления задачи;  $t_k$  – время завершения задачи;  $\epsilon$  – допустимое время ожидания.

Это соответствует задачам, на которые возможно переключение актора в связи с высвобождением ресурсов. Также определяются задачи  $d_k^2$ , имеющие минимальную близость математических дескрипторов, определяющие критерием (5):

$$R_a^{st2} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_a} \left( S_k^0 \cdot q_{k,i}^{st2} \cdot p(\omega(d_k^2, t_k), \omega(a_i, t_i^a)) \cdot \delta(t_k^0 \leq t_k < t'_{k,i} + \varepsilon) \right) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для выполнения задач  $d_k^2$  актору  $a_i$  необходимо развивать компетенции и навыки, которые соответствуют дескрипторам  $\omega(d_k^2, t_k)$ . Максимальная близость показывает область экспертизы актора, минимальная близость отражает набор знаний и навыков, требующих развития. На третьем этапе происходит анализ возможности назначения задачи  $d_k^1$  актору (6):

$$q_{k,i}^{st1} = q_{k,i}^{st1}(d_k^1, a_i, t'_{k,i}, \omega(a_i, t_i^a)), \quad (6)$$

где  $\omega(a_i, t_i^a)$  – последовательность дескрипторов, описывающая предметную область актора;  $d_k^1$  –  $k$ -ая задача предприятия, где  $d_k^1 \in \{S_k^0\}$  и  $d_k^1 \notin s_k$ .

Анализ возможности назначения задачи  $d_k^2$  актору  $a_i$  (7):

$$q_{k,i}^{st2} = q_{k,i}^{st2}(d_k^2, a_i, t'_{k,i}, \omega(a_i, t_i^a)), \quad (7)$$

где  $\omega(a_i, t_i^a)$  – последовательность дескрипторов, описывающая предметную область актора;  $d_k^2$  –  $k$ -ая задача предприятия, где  $d_k^2 \in \{S_k^0\}$ .

Предложенная методика позволяет определить перечень компетенций для каждого актора или получить список в обобщенном виде для группы акторов. Результат зависит от уровня формализации компетенций, полученных с помощью семантических дескрипторов. Таким образом, методика формирует перечень задач, схожих по семантическому описанию с задачами, которые актер выполнял ранее в рамках трудовой деятельности. Это позволяет определить производственные процессы, на которые можно переключить высвобожденный в процессе цифровой трансформации персонал. Предлагаемая методика формирует перечень навыков, задач, которые требуются для развития персонала.

### Результаты исследования и их обсуждение

Предложенная методика определения доли замещения персонала предприятия элементами искусственного интеллекта была применена на одном из производственных предприятий. Был рассмотрен поток

поступающих задач на службу поддержки, который составлял 878 задач за один рабочий день. Данные задачи обрабатываются персоналом из 12 человек и системами искусственного интеллекта. Были определены показатели обработки задач: среднее время исполнения задачи для актора – 218 секунд, для агента – 23 секунды. Количество отказов у агентов составило 112 ед., что составляет 12% от общего числа задач, для акторов количество отказов равно нулю. Согласно предложенной методике был проведен анализ соответствия и переназначения задач между агентами и акторами, определено рациональное соотношение исполнителей рассмотренного потока задач, которое соответствует пропорции 32% агентов к 68% акторов. При полученном соотношении исполнителей увеличилось среднее время обработки задач в 1,2 раза, но количество отказов сократилось на 40% относительно начальных показателей. Полученные результаты позволяют реализовать балансировку загрузки человеческих ресурсов и интеллектуальных систем.

Разработанная методика моделирования и расчета эффективных стратегий развития персонала в условиях цифровой трансформации была использована для определения приоритетных направлений развития персонала группы поддержки, для которой было определено высвобождение 32% персонала. Методика моделирования и расчета стратегий развития и перераспределения персонала позволила сформулировать рекомендации по переключению и обучению персонала. Из полученного процента персонала 8% персонала были переключены на обучение новых направлений, 24% – на работу в смежном отделе. В результате применения методики были получены рекомендательные списки для каждого сотрудника по развитию необходимых навыков с учетом онтологической близости имеющихся у сотрудника компетенций.

### Заключение

Методика определения баланса загрузки человеческих ресурсов и интеллектуальных систем распределяет нагрузку с учетом эффективности обработки поступающего потока задач исполнителями. Она не только определяет количество исполнителей,



но и, в зависимости от полученных результатов эффективности обработки задач, позволяет скорректировать их загрузку. Методика расчета эффективных стратегий развития персонала позволяет предотвратить сокращения и сохранить кадровый потенциал на предприятии. Замещение кадрового обеспечения компонентами искусственного интеллекта в процессах обработки задач приведет к рациональному использованию систем искусственного интеллекта в тех областях, где это принесет максимальный экономический эффект. Все это позволяет выполнить трансформацию организационной структуры и производственных процессов на основе широкого использования цифровых технологий.

### Список литературы

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570> (дата обращения: 07.09.2021).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»» [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.garant.ru/document?id=71634878&byPara=1> (дата обращения: 16.09.2021).
3. Александрова Т.В. Трансформация менеджмента организации в эпоху цифровой экономики // *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2018. № 8. С. 320–328.
4. Иващенко А.В., Диязитдинова А.Р., Кривошеев А.В., Никифорова Т.В. Поиск пропорции естественного и искусственного интеллекта в прикладных задачах цифровой экономики // *Инфокоммуникационные технологии*. 2020. Т. 18. № 1. С. 68–76.
5. Ivaschenko A., Kolesnikova E., Nikiforova T., Vasilieva I. Business communication style as a factor in the design of a digital employee in education. *E3S Web Conf.* 2021. V. 273 Article 12057. DOI: 10.1051/e3sconf/202127312057.
6. 2016 Global Industry 4.0 Survey – Industry key findings «Industry 4.0: Building the digital enterprise Industrial manufacturing key findings» [Electronic resource]. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/assets/pwc-building-digital-enterprise.pdf> (date of access: 14.09.2021).
7. Khaimovich I.N., Ramzaev V.M. Development of data model for the functioning of production active elements based on information interaction. *CEUR Workshop Proceedings*. 2018. V. 2212. P. 38–45.
8. Иващенко А.В., Никифорова Т.В. Организационная структура смешанной интегрированной информационной среды цифрового предприятия // *Надежность и качество: труды Международного симпозиума*. 2021. Т. 1. С. 40–42.
9. Цхададзе Н.В. Трансформация промышленности в условиях перехода к «Индустрии 4.0» // *Вестник Московского университета МВД России*. 2020. № 7. С. 288–291.
10. Иманов Р.А., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Развитие цифровой экономики: искусственный интеллект в отечественном промышленном производстве // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2018. № 6 (92). С. 5–11.
11. Добролюбова Е.И., Южаков В.Н., Старостина А.Н. Цифровая трансформация государственного управления: оценка Цифровая трансформация государственного управления: оценка результативности и эффективности. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2021. 234 с.
12. КМДА. Аналитический отчет на базе опроса представителей российских компаний «Цифровая трансформация в России – 2020» [Электронный ресурс]. URL: [https://komanda-a.pro/projects/dtr\\_2020](https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020) (дата обращения: 18.09.2021).
13. McKinsey & Company. Report «Digital Russia. New Reality» [Electronic resource]. URL: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital> (date of access: 23.09.2021).
14. Gong Ch., Ribiere V. Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*. 2021. V. 102. DOI: 10.1016/j.technovation.2020.102217.
15. Albukhitan S. Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing. *Procedia Computer Science*. 2020. V. 170. P. 664–671. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.173.