

А.С. Борзова, С.Г. Корчагин, Я.Е. Львович

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПРОЦЕССА КОМАНДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В AGILE-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Рассматривается один из современных классов организационных систем, основанных на командной деятельности активных элементов, – Agile-ориентированные организационные системы. Одним из механизмов управления такими системами является оптимизация распределения ресурсного обеспечения, определяемого управляющим центром: во-первых, между стадиями и итерациями процесса командной деятельности; во-вторых, между членами команды для мотивации эффективного выполнения работ, обеспечивающих целедостижения. Показано, что формализация и решение задачи оптимизации прогнозирования распределения ресурсного обеспечения между стадиями представляет собой сочетание экспертного оценивания желаемого изменения эффективности командной деятельности и оптимизационного моделирования на основе многошагового процесса принятия оптимальных решений. В свою очередь, задача распределения мотивационного ресурсного обеспечения между членами команды является оптимизационной задачей булевого программирования, для решения которой предлагается алгоритм, основанный на направленном рандомизированном поиске. Таким образом обеспечивается принятие управленческих решений по оптимальному распределению ресурсного обеспечения целенаправленного процесса командной деятельности в Agile-ориентированных организационных системах.

Ключевые слова: Agile-ориентированная организационная система, ресурсное обеспечение, прогнозирование, оптимизация, экспертное оценивание.

A.S. Borzova, S.G. Korchagin, Ya.E. Lvovich

OPTIMIZATION OF RESOURCE MANAGEMENT OF A PURPOSEFUL TEAM ACTIVITY PROCESS IN AGILE-ORIENTED ORGANIZATIONAL SYSTEMS

Abstract. One of the modern classes of organizational systems based on the team activity of active elements is considered – Agile-oriented organizational systems. One of the control mechanisms for such systems is the optimization of the distribution of resource provision, determined by the control center. Firstly, between the stages and iterations of the team activity process, and secondly, between the team members to motivate the effective performance of work that ensures the goal achievement.

It is shown that the formalization and solution of the problem of optimizing forecasting the distribution of resource provision between stages is a combination of expert assessment of the desired change in the effectiveness of team activities and optimization modeling based on a multistep process of making optimal decisions. In turn, the problem of distribution of motivational resource provision between team members is an optimization problem of Boolean programming, for the solution of which an algorithm based on directed randomized search is proposed. As a result, it is ensured that management decisions are made on the optimal distribution of resource support for the purposeful process of team activity in Agile-oriented organizational systems.

Keywords: Agile-oriented organizational system, resource provision, forecasting, optimization, expert assessment.

Борзова Анжела Сергеевна

доктор технических наук, доцент, проректор по учебно-методической работе. Московский государственный технический университет гражданской авиации, Москва. Сфера научных интересов: оптимизация управления инновационной деятельностью персонала. Автор более 40 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: info@mstuca.aero

Корчагин Сергей Геннадьевич

аспирант. Воронежский государственный технический университет, город Воронеж. Сфера научных интересов: моделирование и оптимизация управления командной деятельностью персонала организационных систем. Автор 7 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: pwkgv138@yandex.ru

Львович Яков Евсеевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования и информационных систем. Воронежский государственный технический университет, город Воронеж. Сфера научных интересов: моделирование и оптимизация организационных систем. Автор более 700 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: sapris@vorstu.ru

Введение

На современном этапе растет число организационных систем, в которых активные элементы (персонал) объединяются в команды для выполнения процесса целенаправленной деятельности [6]. С другой стороны, получает распространение адаптивный итеративный подход к реализации этого процесса, представляющий набор временных итераций, через которые он проходит от момента его инициализации управляющим центром до целедостижения. При этом управление итеративным процессом целедостижения строится с использованием Agile-методологий [9]. В дальнейшем организационные системы, использующие адаптивный подход, будем называть Agile-ориентированными. Этот класс организационных систем приобретает особую значимость в условиях цифровой трансформации [1] и цифрового управления [7].

Итеративный процесс целедостижения организуется на основе выполнения совокупности задач, распределенных между членами команды [3]. С целью реализации процесса управляющий центр выделяет на заданный временной период ресурсное обеспечение. В Agile-ориентированных организационных системах итеративный процесс строится в виде равных по длительности временных интервалов (спринтов). Расходование ресурсного обеспечения на реализацию одного спринта с учетом одинаковой длительности итераций и сохранением количества активных элементов на весь период целедостижения, входящих в состав команды, характеризуется равномерным распределением между итерациями. Однако, расходы на реализацию стадий развития командной деятельности (формирование, конфликтная, нормирующаяся, исполнительная) [2; 10] неравномерные и определяются числом итераций, прогнозируемых для командной деятельности на каждой стадии.

Прогнозируемое ресурсное обеспечение используется для решений общего числа задач, определяющих целедостижения, которые, в свою очередь, распределяются между

членами команды. С другой стороны, в соответствии с последовательностью выполнения задач они распределяются между стадиями и итерациями. При подведении итогов спринта реальная степень выполнения задач в ряде случаев не соответствует прогнозируемой эффективности командной деятельности. В этом случае требуется перераспределение числа итераций на выполнение незавершенных задач, направленных на целедостижение. Часть ресурсного обеспечения, выделяемого на реализацию спринта, используется в качестве мотивационного для снижения числа незавершенных задач по сравнению с прогнозируемым распределением.

Каждые из перечисленных управленческих действий по распределению ресурсного обеспечения требует выбора варианта, обеспечивающего максимальную эффективность командной деятельности. С этой целью целесообразным является применение формализованного подхода, основанного на методах моделирования и оптимизации [4].

Целью работы является оптимизационное моделирование и алгоритмизация при управлении ресурсным обеспечением целенаправленного процесса командной деятельности.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи.

1. Формирование оптимизационной модели и алгоритма принятия управленческого решения при прогнозном распределении и перераспределении ресурсного обеспечения между стадиями и итерациями.

2. Оптимизация распределения мотивационного ресурсного обеспечения между членами команды по результатам выполнения задач.

Оптимизационное моделирование и алгоритмизация управления прогнозным распределением и перераспределением ресурсного обеспечения

Базовыми исходными данными для управления прогнозированием распределения ресурсного обеспечения являются следующие:

T – длительность процесса целедостижения командой Agile-ориентированной организационной системы в сроки, установленные управляющим центром;

V – интегральный объем ресурсного обеспечения, выделяемый для реализации целенаправленного процесса командной деятельности;

$m = \overline{1, M}$ – нумерационное множество задач командной деятельности, обеспечивающее достижение цели, заданной управляющим центром;

$n = \overline{1, N}$ – нумерационное множество членов команды;

$l = \overline{1, L}$ – нумерационное множество итераций процесса целедостижения.

Эффективность итерационного процесса командной деятельности характеризуется следующим процентным отношением, устанавливаемым в качестве задания управляющим центром для каждого спринта:

$$C_l = \frac{M_l}{M} \cdot 100\%, l = \overline{1, L}, \quad (1)$$

где C_l – эффективность командной деятельности на l -й итерации; M_l – количество задач, определенных управляющим центром как выполненных в полном объеме l -й итерации; M – общее число задач командной деятельности, обеспечивающее достижение цели.

Исходя из одинаковой длительности каждой итерации ΔT и установленной длительности процесса целедостижения определим общее число итераций:

$$L = \frac{T}{\Delta T}. \quad (2)$$

Из условия равномерных распределений расходов ресурсное обеспечение, необходимое для реализации одной итерации,

$$v = \frac{V}{L}. \quad (3)$$

Тогда распределение ресурсных обеспечений между четырьмя стадиями целенаправленной командной деятельности пропорционально числу итераций, включенных в соответствующую стадию:

$$V_1 = vL_1, V_2 = vL_2, V_3 = vL_3, V_4 = vL_4, \quad (4)$$

где V_1, V_2, V_3, V_4 – объем ресурсного обеспечения, выделяемый для соответствующей стадии командной деятельности; L_1, L_2, L_3, L_4 – общее число итераций, соответствующее реализации каждой стадии.

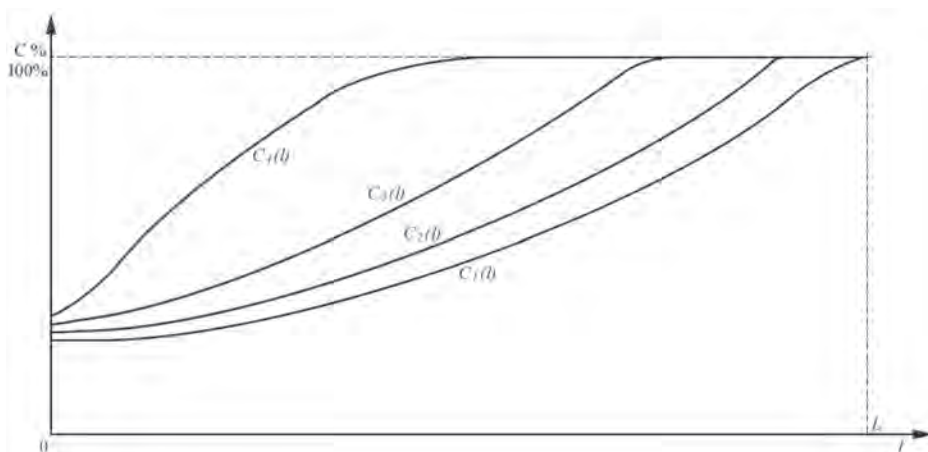
При этом

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V,$$

следовательно, из (3) и (4) имеем

$$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = L. \quad (5)$$

Формализацию и решение задачи оптимизации прогнозирования распределения ресурсного обеспечения между стадиями необходимо начать с прогноза оценок экспертов управляющего центра [5] желаемого изменения эффективности командной деятельности (1) с предположением, что все M задач выполняются на одной стадии за L итераций целедостижения в виде функций $C_1(l), C_2(l), C_3(l), C_4(l)$, приведенных на Рисунке.



Функции изменения эффективности командной деятельности целедостижения, устанавливаемые на экспертном уровне

В формализованном виде задача оптимизации распределения ресурсного обеспечения с учетом (4), (5) по прогнозным функциям $C_1(L_1), C_2(L_2), C_3(L_3), C_4(L_4)$ представляется оптимизационной задачей, включающей экстремальное требование максимизации

Оптимизация управления ресурсным обеспечением целенаправленного процесса ...

ции эффективности, граничное требование (5) и требования того, что значения оптимизируемых переменных L_1, L_2, L_3, L_4 выбираются на дискретном множестве $\overline{1, L}$:

$$\begin{aligned} C_1(L_1) + C_2(L_2) + C_3(L_3) + C_4(L_4) &\rightarrow \max_{L_1, L_2, L_3, L_4}, \\ L_1 + L_2 + L_3 + L_4 &= L, \\ L_1 = \overline{1, L}, L_2 = \overline{1, L}, L_3 = \overline{1, L}, L_4 = \overline{1, L} \end{aligned} \quad (6)$$

Для определения значений оптимизируемых переменных $L_1^*, L_2^*, L_3^*, L_4^*$ применим алгоритм многошагового принятия оптимизационных решений [4]. Этот алгоритм требует предварительного введения параметров поиска:

$$\pi_2 = \overline{1, L}; \pi_3 = \overline{1, L}; \pi_4 = \overline{1, L}; \pi_5 = \overline{1, L},$$

что позволяет перейти от задачи (6) к семейству следующих оптимизационных задач:

$$\begin{aligned} C_1(\pi_2) &= \max_{1 \leq L_1 \leq \pi_2} [C_1(L_1)] \\ C_2(\pi_3) &= \max_{1 \leq L_2 \leq \pi_3} [C_2(L_2) + C_1(\pi_3 - L_2)] \\ C_3(\pi_4) &= \max_{1 \leq L_3 \leq \pi_4} [C_3(L_3) + C_2(\pi_4 - L_3)] \\ C_4(\pi_5) &= \max_{1 \leq L_4 \leq \pi_5} [C_4(L_4) + C_3(\pi_5 - L_4)] \end{aligned} \quad (7)$$

где значения $C_1(L_1), C_1(\pi_3 - L_2), C_2(L_2), C_2(\pi_4 - L_3), C_3(L_3), C_3(\pi_5 - L_4), C_4(L_4)$ определяются по экспертным графикам, приведенным на Рисунке.

На основании каждой из задач (7) при поиске максимума осуществляется полный перебор на множествах дискретных значений $\overline{1, L}$ до окончательного получения оптимальных значений переменных $L_1^*, L_2^*, L_3^*, L_4^*$.

Эти оптимальные значения позволяют определить оптимальное распределение интегрального объема ресурсного обеспечения между стадиями командной деятельности:

$$V_1^* = \nu L_1^*, V_2^* = \nu L_2^*, V_3^* = \nu L_3^*, V_4^* = \nu L_4^*. \quad (8)$$

При равномерном распределении ресурсного обеспечения между итерациями управленческое решение (8) дает возможность осуществить прогнозное распределение общего количества задач командной деятельности, обеспечивающее достижение цели между стадиями:

$$M_1^* = M \frac{L_1^*}{L}, M_2^* = M \frac{L_2^*}{L}, M_3^* = M \frac{L_3^*}{L}, M_4^* = M \frac{L_4^*}{L}. \quad (9)$$

С учетом распределения (9) и значений функций эффективности для каждой итерации прогнозируется количество задач, которые определяются управляющим центром как выполненные:

$$\begin{aligned}
 M_{1l} &= C_1(l)M_1^*, l = \overline{1, L_1^*}, \\
 M_{2l} &= C_2(l)M_2^*, l = \overline{1, L_2^*}, \\
 M_{3l} &= C_3(l)M_3^*, l = \overline{1, L_3^*}, \\
 M_{4l} &= C_4(l)M_4^*, l = \overline{1, L_4^*}.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

В том случае, когда результаты реализации итеративного процесса целедостижения на l -й итерации $C(l)$ не совпадают с прогнозными значениями (10), требуется перераспределение ресурсного обеспечения по стадиям, которые охватывает нумерационное множество итераций $l+1, \overline{L}$.

Если $1 \leq l \leq L_1^*$, то эксперты формируют графики изменения $C_1(l), C_2(l), C_3(l), C_4(l)$, начиная со значения $C'(l)$; $L_1^* < l \leq L_2^*$ – графики $C_2(l), C_3(l), C_4(l)$; $L_2^* < l \leq L_3^*$ – графики $C_3(l), C_4(l)$; $L_3^* < l \leq L_4^*$ – график $C_4(l)$.

В соответствии с этими функциями изменения эффективности командной деятельности решается семейство оптимизационных задач с получением новых значений $L_1^*, L_2^*, L_3^*, L_4^*$ и соответствующим пересчетом распределения ресурсного обеспечения (8) и количества выполняемых задач (9), (10).

Оптимизация распределения мотивационного ресурсного обеспечения между членами команды по результатам выполнения задач

Рассмотрим следующий механизм распределения мотивационного ресурсного обеспечения между членами команды: на первых трех стадиях командной деятельности осуществляется традиционное административное распределение; на исполнительной стадии, когда команда эффективно функционирует, для распределения используется формализованный оптимизационный подход.

В этом случае данные о результатах выполненных задач $n-m$ ($n = \overline{1, N}$) членом команды и выделяемый n -му члену команды мотивационный ресурс на каждой l -й ($l = \overline{1, L_1^* + L_2^* + L_3^*}$) итерации спользуется для построения нейросетевой модели регрессии [8]:

$$d_{nl} = f(v_{nl}), l = \overline{1, L_4^*}, \tag{11}$$

где d_{nl} – показатель степени выполнения задач $n-m$ членом команды на l -й итерации; v_{nl} – мотивационный ресурс, выделенный n -му члену команды на l -й итерации.

Предполагается определение значения показателя степени выполнения задач следующим образом:

$$d_{nl} = d_{1nl} + d_{2nl} + d_{3nl} + d_{4nl}, \tag{12}$$

где

$$\begin{aligned}
 d_{1nl} &= \begin{cases} A_1, & \text{если задача находится в исполнении,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \\
 d_{2nl} &= \begin{cases} A_2, & \text{если задача готова для проверки управляющим центром,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$d_{3nl} = \begin{cases} A_3, & \text{если задача находится на проверке,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$d_{4nl} = \begin{cases} A_4, & \text{если задача определена как выполненная,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

Значения A_1, A_2, A_3, A_4 выбираются экспертом [5] в порядке возрастания на шкале [1, A].

Сформируем оптимизационную задачу, в которой переменными поиска управленческого решения являются объемы мотивационного ресурса, назначаемого n -му члену команды на l -й итерации достижения результатов командной деятельности, – v_{nl} . При этом управляющий центр определяет интервал изменения мотивационного ресурса для конкретного члена команды.

$$v_n^{min} \leq v_{nl} \leq v_n^{max}, n = \overline{1, N}. \tag{13}$$

Экстремальное требование состоит в максимизации степени выполнения задач всеми членами команды на l -й итерации с учетом (12), (13):

$$\sum_{n=1}^N d_{nl} = \sum_{n=1}^N f(v_{nl}) \rightarrow max. \tag{14}$$

Граничное требование определяется интегральным объемом мотивационного ресурса V_l^m , выделяемого управляющим центром на l -й итерации командной деятельности:

$$\sum_{n=1}^N v_{nl} \leq V_l^m, l = \overline{1, L_n^*}. \tag{15}$$

Объединяя экстремальные требования (15) с граничными (14), (16), имеем следующую оптимизационную модель для l -й итерации:

$$\sum_{n=1}^N f(v_{nl}) \rightarrow max,$$

$$\sum_{n=1}^N v_{nl} \leq V_l^m, \tag{16}$$

$$v_n^{min} \leq v_{nl} \leq v_n^{max}, n = \overline{1, N}.$$

Для решения задачи (16) используется пошаговая схема рандомизированного поиска; считается, что величина v_{nl} распределена равномерно на интервале (13). Тогда на первом шаге $k = 1$ устанавливается величина вариации переменной v_{nl}

$$\omega_{nl}^1 = \frac{v_n^{max} - v_n^{min}}{2}, n = \overline{1, N}, l = \overline{1, L_n^*}. \tag{17}$$

На последующих шагах осуществляется коррекция значения v_{nl}^k на $(k+1)$ -м шаге [5]:

$$v_{nl}^{k+1} = v_{nl}^k + \alpha^{k+1} \frac{F(v_{nl}^k - \omega_{nl}^k) - F(v_{nl}^k + \omega_{nl}^k)}{2\omega_{nl}^k},$$

где α^{k+1} – корректирующий коэффициент на $(k+1)$ -м шаге;

$$\alpha^{k+1} = \exp \left\{ \frac{1}{12} \operatorname{Sigm} \left(\left[\frac{F(v_{nl}^k + \omega_{nl}^{k+1}) - F(\omega_{nl}^k - \omega_{nl}^{k+1})}{2\omega_{nl}^{k+1}} \right] \left[\frac{F(v_{nl}^{k-1} + \omega_{nl}^k) - F(v_{nl}^{k-1} - \omega_{nl}^k)}{2\omega_{nl}^k} \right] \right) \right\};$$

α^1 задается на первом шаге экспертом; ω_{nl}^{k+1} – вариация интервала на $(k+1)$ -м шаге. Остановка пошагового поиска на k -м шаге осуществляется по правилу [4]

$$\left| v_{nl}^k - v_{nl}^{k-1} \right| \leq \delta, n = \overline{1, N}, l = \overline{1, L_4^*}, \quad (18)$$

где $\delta > 0$ – величина, устанавливаемая экспертом на первом шаге.

В результате получаем оптимальное распределение мотивационного ресурса для каждой l -й итерации процесса командной деятельности на четвертой стадии развития команд:

$$v_{nl}^* = v_{nl}^k, n = \overline{1, N}, l = \overline{1, L_4^*}$$

Заключение

Оптимальное распределение ресурсного обеспечения является эффективным механизмом управления в Agile-ориентированных организационных системах.

Оптимизационный подход целесообразно сориентировать на четыре стадии развития командой деятельности. Стадии отличает учет возможностей команды в обеспечении целедостижения на основе прогнозирования экспертами управляющего центра количества задач, выполненных в полном объеме на каждой итерации (спринте). В этом случае распределение ресурсного обеспечения пропорционально оптимальному количеству итераций, включаемых в каждую стадию развития командной деятельности. По результатам реализации итерационного процесса осуществляется оптимальное перераспределение ресурсного обеспечения в том случае, если эти результаты не совпадают с прогнозными целями.

Для той части ресурсного обеспечения, которая направлена на мотивацию членов команды в итерационном процессе целедостижения, приемливо использование оптимизационного подхода на четвертой стадии развития команды. Оптимальное распределение осуществляется с учетом данных о результатах деятельности каждого члена команды и использовании мотивационного ресурса на предыдущих стадиях.

Литература

1. Вайл П., Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса. М.: Альпина Паблишер, 2019. 257 с.
2. Гибкая процессная методология Agile [Электронный ресурс]. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/3590/832/info>
3. Корчагин С.Г., Львович Я.Е. Оптимизация процесса распределения работ при управлении командной деятельностью в IT-компаниях с использованием машинного обучения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. № 9 (3).
4. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: Научная книга, 2016. 444 с.
5. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде. Воронеж: Научная книга, 2010. 140 с.
6. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит, 2007. 584 с.

7. Оптимизация цифрового управления в организационных системах: монография / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, О.Н. Чопоров [и др.]; под общ. ред. Я.Е. Львовича. Воронеж: Научная книга, 2021. 191 с.
8. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 384 с.
9. Фунтов В. Agile. Процессы, проекты, компании. СПб.: Питер, 2020. 320 с.
10. Tuckman B., Jensen M. Stages of Small Group Development. *Group and Organizational Studies*, 1977, pp. 419–427.

References

1. Weill P., Woerner S. (2019) *Business Digital Transformation*. Moscow, Alpina Publisher, 257 p. (in Russian).
2. Agile Process Methodolog. Available at: <https://intuit.ru/studies/courses/3590/832/info>
3. Korchagin S.G., Lvovich Ya.E. (2021) [Optimization of the work distribution process for managing activities in IT companies using deep machine learning]. *Modeling, Optimization and Information Technology*, No. 9 (3) (in Russian).
4. Lvovich I.Ya., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. (2016) *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya* [Information technology modeling and optimization: a brief theory and applications]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publishing, 444 p. (in Russian).
5. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya. (2010) *Prinyatie reshenii v ekspertno-virtual'noi srede* [Decision making in expert-virtual environment]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publishing, 140 p. (in Russian).
6. Novikov D.A. (2007) *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Organizational Systems Management Theory]. Moscow, Fizmatlit Publishing, 584 p. (in Russian).
7. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya., Choporov O.N. (2021) *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh* [Optimization of digital control in organizational systems: monograph]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publishing, 191 p. (in Russian).
8. Rutkowskaya D., Pilinski M., Rutkowskii L. (2013) *Neironnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publishing, 384 p. (in Russian).
9. Funtov V.N. (2020) *Protsessy, proekty, kompanii*. St. Petersburg, Piter Agile. Processes, projects, companies. SPb, Piter Publishing, 320 p. (in Russian).
10. Tuckman B., Jensen M. (1977) Stages of Small Group Development. *Group and Organizational Studies*, pp. 419–427.