



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-3-5-14>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 004.622

КЛИРИНГОВАЯ СИСТЕМА ВЗАИМОРАСЧЕТОВ МЕЖДУ УЧАСТНИКАМИ ИННОВАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

И. В. НОВИКОВА, В. В. СМЕЛОВА, Д. В. САЗОНОВА

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 26.02.2023

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2023
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2023

Аннотация. Инновационно-промышленный кластер – это объединение субъектов хозяйствования с целью их эффективного взаимодействия и совместного устойчивого развития. Важнейшей компонентой инфраструктуры кластерного развития является цифровая платформа промышленного кластера – информационная система, предназначенная для поддержки взаимодействия участников кластера на протяжении всего его жизненного цикла. В рамках цифровой платформы решаются прикладные, специфические для участников кластера, задачи. Статья посвящена решению задачи многостороннего клиринга взаиморасчетов между участниками кластера. Решением задачи является план взаиморасчетов между участниками кластера, минимизирующий целевую функцию, задающую величину издержек контрагентов при взаиморасчетах. Приведены алгоритмы формирования оптимального плана. Рассмотрены примеры решения задачи клиринга.

Ключевые слова: инновационно-промышленный кластер, цифровая платформа, многосторонний клиринг, оптимальный план взаиморасчетов, взвешенный ориентированный граф, оптимизация.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Новикова, И. В. Клиринговая система взаиморасчетов между участниками инновационно-промышленного кластера / И. В. Новикова, В. В. Смелова, Д. В. Сазонова // Цифровая трансформация. 2023. Т. 29, № 3. С. 5–14. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-3-5-14>.

THE CLEARING SYSTEM OF MUTUAL SETTLEMENTS BETWEEN PARTICIPANTS OF THE INNOVATION-INDUSTRIAL CLUSTER

IRINA V. NOVIKOVA, VALERIA V. SMELOVA, DARIA V. SAZONOVA

Belarusian State Technological University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 26.02.2023

Abstract. An innovation-industrial cluster is an association of business entities for the purpose of their effective interaction and joint sustainable development. The most important component of the cluster development infrastructure is the digital platform of the industrial cluster – an information system designed to support the interaction of cluster members throughout its entire life cycle. Within the framework of the digital platform, applied and specific tasks for the cluster members are solved. The article is devoted to solving the problem of multilateral clearing of settlements between cluster members. The solution to the problem is the plan of mutual settlements between the cluster members, which minimizes the objective function that sets the value of the costs of counterparties in mutual settlements. Algorithms for the formation of the optimal plan are given. The examples of solving the multilateral clearing problems are considered.

Keywords: innovative industrial cluster, digital platform, multilateral clearing, optimal plan mutual settlements, weighted directed graph, optimization.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Novikova I. V., Smelova V. V., Sazonova D. V. (2023) The Clearing System of Mutual Settlements between Participants of the Innovation-Industrial Cluster. *Digital Transformation*. 29 (3), 5–14. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-3-5-14> (in Russian).

Введение

Инновационно-промышленные кластеры (ПК) – закономерный этап эволюции промышленности, обусловленный необходимостью координации деятельности совместно работающих предприятий. Процесс кластеризации в значительной степени обусловил экономический рост в странах Евросоюза, Юго-Восточной Азии и США. ПК активно создаются, структурируются и развиваются на территории Республики Беларусь и Российской Федерации [1].

Проведенный системно-функциональный анализ становления и развития кластерных систем позволил разработать и предложить концепцию цифровой платформы инновационно-промышленного кластера (ЦППК), являющейся компонентой специализированной инфраструктуры кластерного развития. ЦППК представляет собой информационную систему, предназначенную для поддержки деятельности кластера на протяжении всего его жизненного цикла [2]. В концепции рассматривается структура ЦППК, включающая инфраструктуру, фреймворк платформы, сервисы и состав пользователей. Пользователи используют сервисы для решения задач, предусмотренных функциональностью ЦППК. При этом сервисы по своему назначению разбиваются на три группы: системные, базовые и прикладные. Основной целью создания ЦППК является повышение эффективности работы взаимодействующих субъектов хозяйствования – участников ПК – на основе имплементации принципиально новых задач, которые могут быть решены в рамках общей информационной системы.

Предложенные в работах Л. В. Ташенова, А. В. Бабкина и Ю. В. Вертаковой [3, 4] принципы построения ЦППК в основном опираются на архитектуру и функциональность традиционных ERP-систем, как правило, применяемых для автоматизации отдельных предприятий. Не подвергая сомнению полезность такого подхода, следует заметить, что важно сосредоточиться на формулировке и решении задач, характерных для новой организационной структуры – инновационно-промышленного кластера. Одной из таких прикладных задач является клиринг расчетов между участниками ПК. При этом под ним понимается зачет взаимных требований и обязательств, возникающих между участниками ПК в результате их совместной хозяйственной деятельности в рамках кластера. В работе Ю. В. Немцевой и А. В. Беккер [5] изучается схожая задача – применение клиринга для внутрихолдинговых расчетов, рассматриваются виды клиринга.

В статье приведены описание системы клиринговых многосторонних взаиморасчетов, формулировка и решение задачи поиска оптимального плана погашения взаимных обязательств между участниками ПК. Задача поиска оптимального плана сформулирована как задача на экстремум целевой функции при заданных ограничениях.

Системы клиринговых многосторонних взаиморасчетов

В результате совместной деятельности между субъектами хозяйствования – участниками ПК – возникают требования и обязательства, которые выражаются в числовой форме и изменяются во времени. Рассмотрим систему $S \equiv \langle V, \mathbf{M}(t), \mathbf{E}, D, P(t) \rangle$, где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество n участников ПК; $\mathbf{M}(t) = (m_{i,j}(t))_{n \times n}$ – квадратная матрица размерности n , значение каждого элемента m которой равно величине обязательств участника v_i перед участником v_j на момент времени t ; $\mathbf{E} = (e_{i,j})_{n \times n}$ – квадратная матрица n , значение каждого элемента $e_{i,j} \geq 0$ которой равно величине издержек (например, стоимость банковского перевода) участника v_i при погашении обязательств перед участником v_j ; $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ – коэффициент, определяющий величину издержек для участников ПК, возникающих при привлечении денежных средств (например, дневная процентная ставка по банковскому кредиту); $P(t) = \{p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)\}$ – потенциал участников, где каждое значение $p_i(t)$ равно максимальной величине, которую участник v_i может потратить на погашение своих суммарных обязательств перед другими участниками в момент времени t .

Состояние системы S на момент времени t описывается матрицей $\mathbf{M}(t)$. Будем предполагать время дискретным и говорить о начальном состоянии $\mathbf{M}(0)$ системы S и пошаговом его из-

менении $\mathbf{M}(0), \mathbf{M}(1), \mathbf{M}(2), \dots$. При этом изменение состояния системы между шагами t и $t + 1$ осуществляется в две фазы: $\mathbf{M}(t) \rightarrow \mathbf{M}'(t+1) \rightarrow \mathbf{M}(t+1)$.

В результате выполнения первой фазы $\mathbf{M}(t) \rightarrow \mathbf{M}'(t+1)$ вычисляется промежуточное состояние $\mathbf{M}'(t+1) \rightarrow \mathbf{M}(t) - \Delta(t)$, где $\Delta(t) = (\delta_{i,j}(t))_{n \times n}$ – квадратная матрица размерности n , значение каждого элемента $0 \leq \delta_{i,j}(t) \leq m_{i,j}(t)$ которой равно величине погашения обязательств участником v_i перед участником v_j на шаге $t + 1$. При этом суммарное погашение любым участником v_i своих обязательств не должно превышать его потенциала: $\sum_j \delta_{i,j}(t) \leq p_i(t)$.

На второй фазе $\mathbf{M}'(t+1) \rightarrow \mathbf{M}(t+1)$ изменения состояния системы S вычисляется начальное состояние следующего шага $\mathbf{M}(t+1) = \mathbf{M}'(t+1) + \bar{\Delta}(t)$, где $\bar{\Delta}(t) = (\bar{\delta}_{i,j}(t))_{n \times n}$ – квадратная матрица размерности n , значение каждого элемента $\bar{\delta}_{i,j}(t) \geq 0$ которой равно величине увеличения обязательств участника v_i перед участником v_j на шаге $t + 1$ (рис. 1).

$$S \equiv \langle V, \mathbf{M}(t), \mathbf{E}, \Lambda \rangle$$

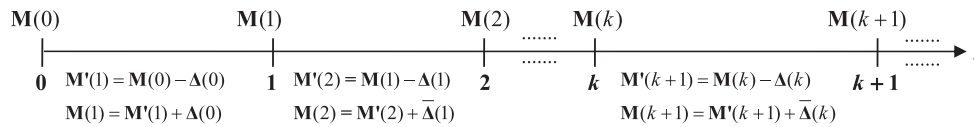


Рис. 1. Схема изменения состояния системы S

Fig. 1. Scheme of state change of the system S

Пусть элементы матрицы $\mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n,1} & \dots & m_{n,n} \end{pmatrix}$ – обязательства $m_{i,j} = m_{i,j}(t_1)$ участников ПК

в фиксированный момент времени $t = t_1$. Матрицу \mathbf{M} можно рассматривать как матрицу смежности взвешенного ориентированного графа, отображающего состояние системы в фиксированный момент времени. На рис. 2 приведен пример матрицы смежности и соответствующего графа, отображающего обязательства между пятью участниками ПК.

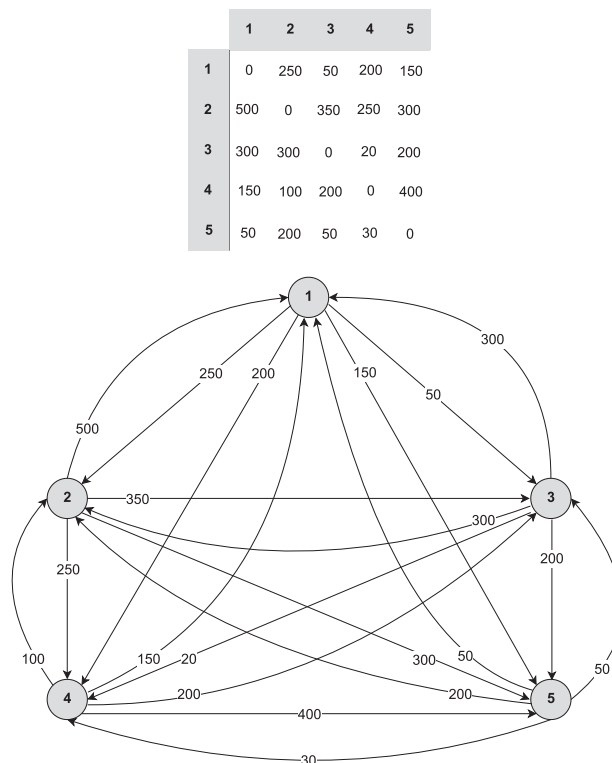


Рис. 2. Граф, отображающий состояние системы S

Fig. 2. Graph showing the state of the system S

Вершины графа на рис. 2 соответствуют участникам ПК, дуги – обязательствам между ними, а веса дуг – величинам этих обязательств. Например, участник v_3 имеет обязательства перед v_2 на величину 20 и перед v_5 на величину 200. В то же время перед v_3 имеют обязательства участники v_2, v_4 и v_5 на суммарную величину $300 + 100 + 50 = 450$, или иначе – v_3 имеет требование к v_2 на величину 300, к v_4 – на 100 и к v_5 – на 50 единиц.

На рис. 3 отображены примеры матриц \mathbf{M} , $\Delta = \Delta(t_1)$ и $\mathbf{M}' = \mathbf{M} - \Delta$, а также граф, соответствующий промежуточному состоянию \mathbf{M}' .

	M					Δ					M' = M - Δ						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	0	250	50	200	150	1	0	250	50	200	50	1	0	0	0	100	
2	500	0	350	250	300	2	250	0	300	100	200	2	250	0	50	150	100
3	300	300	0	20	200	3	100	300	0	20	50	3	200	0	0	0	150
4	150	100	200	0	400	4	150	100	70	0	30	4	0	0	130	0	370
5	50	200	50	30	0	5	50	200	50	30	0	5	0	0	0	0	0

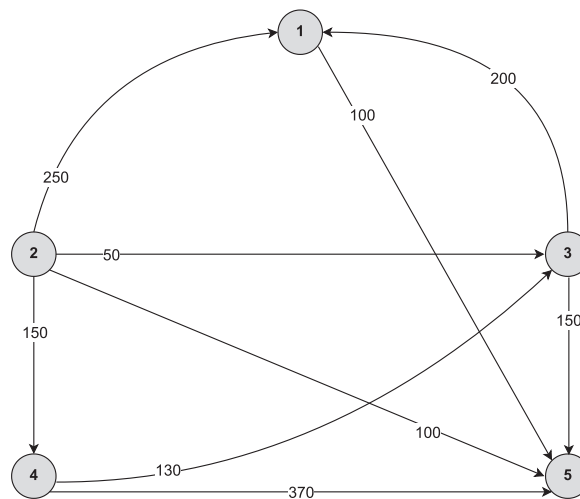


Рис. 3. Граф, отображающий состояние системы S после погашения обязательств

Fig. 3. Graph showing the state of the system S after the repayment of obligations

Сформулируем задачу клиринга расчетов в ПК как вычисление элементов матрицы $\mathbf{R} = (r_{i,j})_{n \times n}$, минимизирующих функцию:

$$F = \sum_i \sum_j \chi_{i,j} e_{i,j} + d_i r_{i,j}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\chi_{i,j} = \begin{cases} 0, & r_{i,j} = 0; \\ 1, & r_{i,j} \neq 0; \end{cases} \quad (2)$$

$$r_{i,j} \geq 0; \quad (3)$$

$$\forall i \sum_j r_{i,j} = \min \left(p_i, \max \left(0, \sum_j m_{i,j} - \sum_j m_{j,i} \right) \right). \quad (4)$$

Элементы матрицы $\mathbf{R} = (r_{i,j})_{n \times n}$ вычисляются перед первой фазой каждого шага изменения состояния системы S , а сама матрица может интерпретироваться как оптимальный план погашения обязательств с учетом возможностей (потенциала) участников. При этом каждый элемент $r_{i,j} \geq 0$ – это величина обязательств участника v_i перед участником v_j , которая в соответствии с этим планом должна быть погашена. Сумма $\chi_{i,j} e_{i,j} + d_i r_{i,j}$, входящая в (1), отражает издержки участника ПК v_i при погашении обязательств перед участником v_j , а все выражение (1) отражает

суммарные издержки при выполнении плана, заданного матрицей \mathbf{R} (далее – план \mathbf{R}). Ограничение (4) отражает следующее: сумма обязательств, которую в соответствии с планом \mathbf{R} должен погасить любой участник v_i , должна быть равна разности между его суммарными обязательствами и суммарными обязательствами других участников перед ним, но не превышать его возможности (потенциала p_i). Нулевое значение элемента $r_{i,j} = 0$ означает, что планом \mathbf{R} не предусматривается погашение обязательств участника v_i перед участником v_j .

Предположим, что участники ПК обладают неограниченными потенциалами ($p_i \rightarrow +\infty$), а издержки на погашения обязательств для всех участников равны нулю, т. е. $e_{i,j} = 0, i, j = \overline{1, n}$. Тогда целевая функция (1) и ограничение (4) примут вид:

$$F = \sum_i \sum_j d_{ij} r_{i,j}, \quad i, j = \overline{1, n}; \quad (1')$$

$$\forall i \sum_j r_{i,j} = \max\left(0, \sum_j m_{i,j} - \sum_j m_{j,i}\right). \quad (4')$$

Пусть $\mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}$ – матрица, каждый элемент $b_i = \sum_j m_{i,j} - \sum_j m_{j,i}$ которой равен разнице сум-

марных обязательств участника v_i и суммарных обязательств всех других участников перед v_i . Участников v_i , для которых $b_i > 0$, будем называть дебиторами и обозначать v_i^+ , а участников, у которых $b_i < 0$, – кредиторами и обозначать v_i^- . Очевидно, что в системе S соблюдается баланс: $\sum_{v_i^+} b_i + \sum_{v_i^-} -b_i = 0$.

Рассмотрим алгоритм *pure_glade* построения матрицы \mathbf{R} . Псевдокод алгоритма представлен на рис. 4. На шаге 1 алгоритма осуществляется инициализация начальной нулевой матрицы \mathbf{R}^0 и матрицы \mathbf{B}^0 , вначале равной матрице \mathbf{B} . В рамках каждой итерации выполняются два шага (рис. 4, шаги 2, 3). В результате каждой итерации формируются матрицы \mathbf{R}^k и \mathbf{B}^k . На каждом шаге итерации изменяются один элемент $r_{i,j}^k$ текущей матрицы \mathbf{R}^k и два элемента (уменьшаются абсолютные значения обязательств и требований) текущей матрицы \mathbf{B}^k . Построение матрицы \mathbf{R} завершается, если все элементы матрицы \mathbf{B}^k равны нулю. Матрица \mathbf{R}^k , полученная на последней итерации, является искомым планом \mathbf{R} . Построение плана \mathbf{R} осуществляется за $a \in \left[\max\left(\left|\{v_i^+\}\right|, \left|\{v_i^-\}\right|\right), \left|\{v_i^+\}\right| + \left|\{v_i^-\}\right| - 1 \right]$ итераций, где $\left|\{v_i^+\}\right|, \left|\{v_i^-\}\right|$ – количество кредиторов и дебиторов.

*/** $\mathbf{R}^0 \rightarrow \mathbf{R}^1 \rightarrow \dots \mathbf{R}^k \rightarrow \dots \mathbf{R}^s$ **/*

pure_glade

1. $\forall (i, j) \Rightarrow r_{i,j}^0 = 0, \forall i \Rightarrow b_i^0 = b_i, k = 0$.

2. $\nexists (i, j) \mid b_i^k > 0 \wedge b_j^k < 0 \Rightarrow stop$.

$k = k + 1$

$\alpha = \min(b_i^{k-1}, |b_j^{k-1}|),$

$r_{i,j}^k = r_{i,j}^{k-1} + \alpha,$

$b_i^k = b_i^{k-1} - \alpha,$

$b_j^k = b_j^{k-1} + \alpha.$

3. *go to* 2.

Рис. 4. Псевдокод алгоритма *pure_glade* построения матрицы \mathbf{R}
Fig. 4. Pseudocode of the *pure_glade* algorithm for constructing a matrix \mathbf{R}

На рис. 5 демонстрируется пример применения алгоритма *pure_glade* для построения плана \mathbf{R} в системе S с неограниченными потенциалами участников ПК $p_i \rightarrow +\infty, i = \overline{1, n}$ и нулевыми издержками на погашение обязательств $e_{i,j} = 0, i, j = \overline{1, n}$. Текущее состояние системы S задано матрицей \mathbf{M} (рис. 2).

\mathbf{R}^0						\mathbf{B}^0	
	1	2	3	4	5		1
1	0	0	0	0	0	1	-350
2	0	0	0	0	0	2	550
3	0	0	0	0	0	3	170
4	0	0	0	0	0	4	350
5	0	0	0	0	0	5	-720

\mathbf{R}^1						\mathbf{B}^1		\mathbf{R}^2						\mathbf{B}^2	
	1	2	3	4	5		1		1	2	3	4	5		1
1	0	0	0	0	0	1	-180	1	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	2	550	2	0	0	0	0	0	2	550
3	170	0	0	0	0	3	0	3	170	0	0	0	0	3	0
4	0	0	0	0	0	4	350	4	180	0	0	0	0	4	170
5	0	0	0	0	0	5	-720	5	0	0	0	0	0	5	-720

\mathbf{R}^3						\mathbf{B}^3		\mathbf{R}^4						\mathbf{B}^4	
	1	2	3	4	5		1		1	2	3	4	5		1
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	2	550	2	0	0	0	0	550	2	0
3	170	0	0	0	0	3	0	3	170	0	0	0	0	3	0
4	180	0	0	0	170	4	0	4	180	0	0	0	170	4	0
5	0	0	0	0	0	5	-550	5	0	0	0	0	0	5	0

Рис. 5. Пример построения плана \mathbf{R}
Fig. 5. Example of building a plan \mathbf{R}

План $\mathbf{R} = \mathbf{R}^4$ построен за четыре итерации алгоритма *pure_glade*. Следует отметить, что в общем случае результат работы алгоритма зависит от выбора пары (i, j) на шаге 2.

На рис. 6 представлены два варианта плана погашения обязательств, соответствующих двум вариантам матрицы \mathbf{R} . Вариант *a* совпадает с решением, продемонстрированным на рис. 5, вариант *b* может быть получен при ином порядке выбора пар (i, j) в алгоритме. При этом оба решения удовлетворяют условиям (3), (4') и минимизируют целевую функцию (1'), а суммы элементов по строкам и столбцам в двух вариантах матрицы \mathbf{R} совпадают.

Следует отметить, что количество дуг, а также сумма весов выходных дуг графов, построенных на матрицах \mathbf{R} для обоих вариантов, совпадают. Следовательно, для того, чтобы выполнить взаиморасчеты между шестью участниками ПК, обязательства между которыми описаны с помощью матрицы \mathbf{M} и соответствующего ей графа (рис. 2), достаточно погасить обязательства одним из вариантов плана, представленных на рис. 6.

Для всех решений (вариантов плана \mathbf{R}), полученных с помощью алгоритма *pure_glade*, значения функции (1') совпадают. При этом построение этих матриц не зависит от коэффициентов $d_i, i = \overline{1, n}$. Следовательно, целевую функцию (1') можно упростить

$$F = \sum_i \sum_j r_{i,j}. \quad (1'')$$

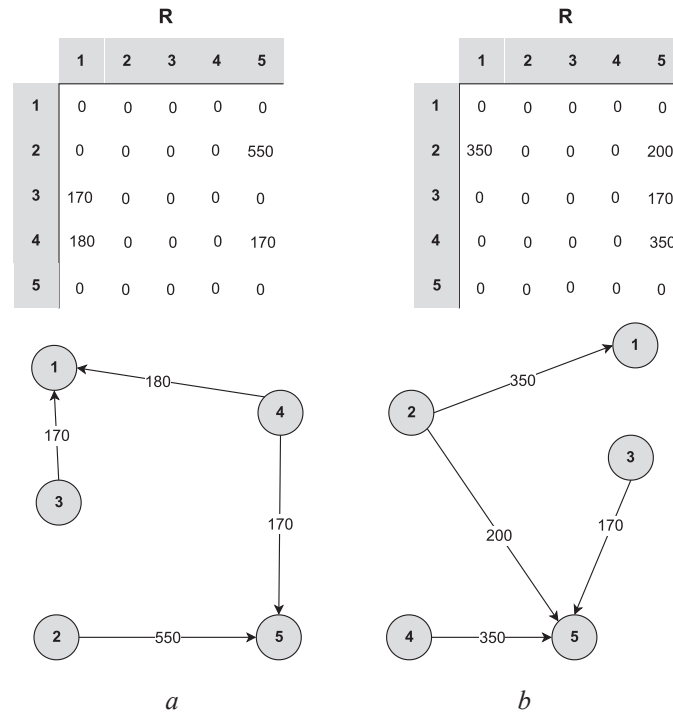


Рис. 6. Варианты плана погашения обязательств: *a* – совпадает с решением на рис. 5;
b – получен при ином порядке выбора пар (i, j) в алгоритме
Fig. 6. Variants of the plan of repayment of obligations: *a* – coincides with the solution in Fig. 5;
b – obtained with a different order of choosing pairs (i, j) in the algorithm

Если считать, что издержки дебиторов не являются нулевыми $e_{i,j} \geq 0, i, j = \overline{1, n}$, то функция (1) с учетом (1') и (1'') принимает следующий вид:

$$F = \sum_i \sum_j \chi_{i,j} e_{i,j} + r_{i,j}, \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (1''')$$

Минимизирующий функцию (1''') план \mathbf{R} при ограничениях (3), (4') и по-прежнему при неограниченном потенциале дебиторов $\forall v_i^+ \Rightarrow p_i \rightarrow +\infty$ может быть получен с помощью алгоритма *pure_expense_glade* (рис. 7), который является модификацией алгоритма *pure_glade* (рис. 4).

/* $\mathbf{R}^0 \rightarrow \mathbf{R}^1 \rightarrow \dots \mathbf{R}^k \rightarrow \dots \mathbf{R}^s$ */

pure_expense_glade

1. $\forall (i, j) \Rightarrow r_{i,j}^0 = 0, \forall i \Rightarrow b_i^0 = b_i, k = 0.$

2. $\nexists (i, j) | b_i^k > 0 \wedge b_j^k < 0 \Rightarrow stop.$

select $(i, j) | \min(e_{i,j})$

$k = k + 1$

$\alpha = \min(b_i^{k-1}, |b_j^{k-1}|),$

$r_{i,j}^k = r_{i,j}^{k-1} + \alpha,$

$b_i^k = b_i^{k-1} - \alpha,$

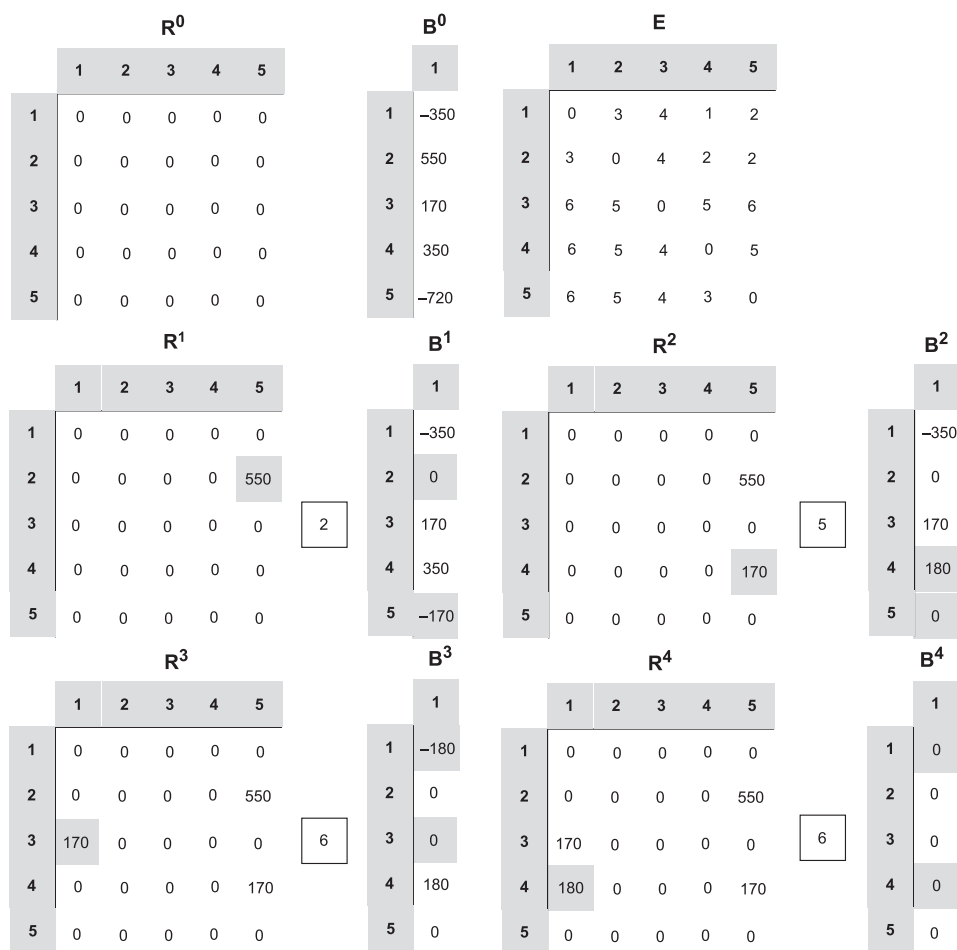
$b_j^k = b_j^{k-1} + \alpha.$

3. go to 2.

Рис. 7. Псевдокод алгоритма *pure_expense_glade* построения матрицы \mathbf{R}
Fig. 7. Pseudocode of the *pure_expense_glade* algorithm for constructing a matrix \mathbf{R}

Отличие алгоритма *pure_expense_glade* от *pure_glade* заключается в операторе *select* (рис. 7, жирный шрифт), который выбирает пару (i, j) , определяющую на каждом шаге алгоритма дебитора и кредитора, для которой величина издержек $e_{i,j}$ минимальна.

На рис. 8 демонстрируется пример применения алгоритма *pure_expense_glade* для построения плана \mathbf{R} в системе S с неограниченными потенциалами участников ПК $p_i, \rightarrow +\infty, i = 1, n$ и издержками на погашение обязательств, заданными матрицей \mathbf{E} .



$$F = (2 + 550) + (5 + 170) + (6 + 170) + (6 + 180) = 19 + 1070 = 1089$$

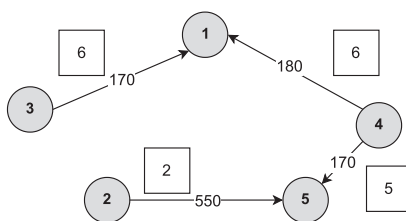


Рис. 8. Пример выполнения алгоритма *pure_expense_glade*
Fig. 8. *Pure_expense_glade* algorithm execution example

Как и в предыдущих примерах, текущее состояние системы S задано матрицей \mathbf{M} , представленной на рис. 2. Значение целевой функции ($1'''$) для полученного в этом примере плана $\mathbf{R} - F = 761$. Для планов, представленных на рис. 6, функция F в вариантах a и b принимает значения 764 и 762 соответственно.

Заключение

1. Внедрение в рамках цифровой платформы инновационно-промышленного кластера сервиса, решающего задачу клиринга взаиморасчетов, позволяет участникам инновационно-промышленного кластера уменьшить объем требуемых оборотных средств и, как следствие, – снизить издержки на их пополнение с помощью банковского кредита. Это позволяет уменьшить опе-

рациональные издержки на банковские комиссии за денежные переводы, а в последствии перейти к расчетам в цифровых валютах.

2. Целесообразность и эффективность применения клиринга взаиморасчетов зависит от степени взаимосвязанности участников кластера, которая определяется количеством и размерами их встречных обязательств.

3. Организация клиринговых сессий между участниками инновационно-промышленного кластера в рамках цифровой платформы кластера является нетривиальной организационной задачей, требующей детальной юридической проработки, а также автоматизации процесса заключения контрактов между участниками инновационно-промышленного кластера. В Республике Беларусь определен порядок совершения и (или) исполнения сделок или иных юридически значимых действий при осуществлении банковских, а также других финансовых операций посредством смарт-контрактов. Соответствующее решение принято постановлением Правления Национального банка от 24 декабря 2020 г. № 428. Но банковская сфера имеет свою специфику.

4. Предложенные в статье алгоритмы клиринга взаиморасчетов между участниками инновационно-промышленного кластера позволяют получить оптимальный план погашения обязательств в рамках одной клиринговой сессии при существенном допущении – неограниченности ресурсов у дебиторов. Похожая система создана в банковской сфере в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 18 апреля 2019 г. № 148 «О цифровых банковских технологиях». Таким правом на совершение или исполнение сделок и иных юридически значимых действий посредством смарт-контракта были также наделены Национальный банк и участники межбанковской системы идентификации. Формулировка принципов и разработка методов взаиморасчетов в условиях недостатка ресурсов у дебиторов, а также соответствующих алгоритмов построения плана взаиморасчетов требуют дополнительного исследования и могут опираться на методологическую базу, действующую в банковской системе.

Список литературы

1. Новикова, И. В. Кластерная организация как институт развития в постиндустриальной экономике: методология анализа / И. В. Новикова, Л. Г. Макуров // Труды БГТУ. 2019. № 1. С. 5–12.
2. Концепция цифровой платформы инновационно-промышленного кластера / И. В. Новикова [и др.] // Импортзамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения – 2022», Минск, 7–9 дек. 2022 г., в 3 т. Минск: БГТУ, 2022. Т. 2. С. 3–7.
3. Ташенова, Л. В. Цифровая платформа системообразующего инновационно-активного промышленного кластера: понятие, особенности и структура / Л. В. Ташенова, А. В. Бабкин // Кластеризация цифровой экономики: глобальные вызовы: сб. тр. нац. науч.-практ. конф. с зарубеж. участием, Санкт-Петербург, 18–20 июня 2020 г., в 2 т. / Под ред. Д. Г. Родионова, А. В. Бабкина. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. С. 196–208. DOI: 10.18720/IEP/2020.4/23.
4. Бабкин, А. В. Многоуровневая система управления кластерным развитием экономических систем / А. В. Бабкин, Ю. В. Вертакова // Цифровая экономика и сквозные технологии: теория и практика / Под ред. А. В. Бабкина. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 288–304. DOI: 10.18720/IEP/2019.6/13.
5. Немцева, Ю. В. Клиринг обязательств как средство оптимизации системы внутрихолдинговых расчетов / Ю. В. Немцева, А. В. Беккер // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 6–1. С. 85–91.

References

1. Novikova I. V., Makurov L. G. (2019) Cluster Organization as a Development Institute in Post-Industrial Economy: Methodology of Analysis. *Proceedings of BGTU*. (1), 5–12 (in Russian).
2. Novikova I. V., Smelova V. V., Timofeeva U. A., Shiman D. V. (2022) The Concept of the Digital Platform of the Innovation-Industrial Cluster. *Import Substitution, Scientific, Technical and Economic Security: Sat. Art. V Intern. Sci.-Tech. Conf. "Minsk Scientific Readings – 2022"*, Minsk, Dec. 7–9, 2022. Vol. 2. Minsk, Belarusian State Technological University. 3–7 (in Russian).
3. Tashenova L. V., Babkin A. V. (2020) Digital Platform of a System-Forming Innovate-Active Industrial Cluster: Concept, Features and Structure. *Collection of Proceedings of the National Scientific-Practical Conference with Foreign Participation. St. Petersburg, June 18–20, 2020*. St. Petersburg, POLYTECH-PRESS Publ. 196–208. DOI: 10.18720/IEP/2020.4/23 (in Russian).

4. Babkin A. V., Vertakova Y. V. (2019) Multilevel Control System of Cluster Development of Economic Systems. *Digital Economy and End-to-End Technologies: Theory and Practice*. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 288–304. DOI: 10.18720/IEP/2019.6/13 (in Russian).
5. Nemtseva Yu. V., Bekker A. V. (2019) Obligation Clearing as a Means of Optimization of the Intercompany Payments System. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. (6–1), 85–91 (in Russian).

Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Новикова И. В., д. э. н., профессор, заведующая кафедрой менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития Белорусского государственного технологического университета

Смелова В. В., магистрант Белорусского государственного технологического университета

Сазонова Д. В., магистрант Белорусского государственного технологического университета

Адрес для корреспонденции

220006, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а
Белорусский государственный
технологический университет
Тел.: +375 17 343-94-32
E-mail: smw@belstu.by
Смелова Валерия Владимировна

Information about the authors

Novikova I. V., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Management, Business Technologies and Sustainable Development of the Belarusian State Technological University

Smelova V. V., Master's Student at the Belarusian State Technological University

Sazonova D. V., Master's Student at the Belarusian State Technological University

Address for correspondence

220006, Republic of Belarus,
Minsk, Sverdlova St., 13a
Belarusian State
Technological University
Tel.: +375 17 343-94-32
E-mail: smw@belstu.by
Smelova Valeria Vladimirovna