

Блокчейн позволяет создавать неподдельные и неизменяемые записи о торговых операциях и репутации продавцов. Однако следует учитывать, что для недостаточно ветвистых сетей с блокчейн-технологией возможен риск «Атаки 51%», когда более чем половина устройств в сети может изменять архивные записи.

Таким образом, практическое использование технологии блокчейн привело к радикальным изменениям в представлении о развитии финансово-экономической системы и общества. Новые технологии помогают решать проблемы, связанные с традиционными подходами в экономике и финансах. Несмотря на критику со стороны многих исследователей, технологии блокчейн продолжают расширяться и могут стать движущей силой для полезных трансформаций в различных сферах финансово-экономического развития общества.

Список использованных источников

1. Инновационное предпринимательство: состояние и перспективы развития // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. - М.: Финансы, 2017. - 280 с.
2. Модернизация управления национальной экономикой: материалы IV Междунар. научно-практической. конф. (24-25 ноября 2016). - М.: Финансы, 2016. - 394 с.
3. Савельев И.Е. Технология Blockchain и ее применение // Прикладная информатика. 2016. №6 (66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-blockchain-i-ee-primenenie> - Дата доступа: 11.11.2023.

УДК 004.021

**Д.И. Волчек, В.В. Смелова, А.В. Якунович,
Д.В. Шиман, В.В. Смелов**
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

МЕТОД И АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ КЛАСТЕРОМ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЕГО УЧАСТНИКОВ

Аннотация. В статье предложен метод и алгоритм построения календарного плана валового объема продукции на основе балансовой модели В.В. Леонтьева для объединения субъектов хозяйствования с горизонтальным взаимодействием (промышленный кластер). Метод предусматривает наличие ограничений производительности участников кластера.

**D.I. Volchek, V.V. Smelova, A.V. Yakunovich,
D.V. Shiman, V.V. Smelov**
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

METHOD AND ALGORITHM FOR CONSTRUCTING A PRODUCTION CALENDAR PLAN BY AN INDUSTRIAL CLUSTER WITH LIMITED PRODUCTIVITY OF ITS PARTICIPANTS

Abstract. The article proposes a method and algorithm for constructing a calendar plan for gross output based on the balance model of V.V. Leontiev to unite business entities with horizontal interaction (industrial cluster). The method assumes that there are performance limitations for cluster members.

Введение. Основная особенность построения совместного плана для участников промышленного кластера (ПК) связана с отсутствием в нем централизованного управления: все связи между участниками являются горизонтальными и договорными. По сути, ПК является совокупностью устоявшихся технологических цепочек, участники которых заинтересованы в совместном устойчивом развитии. В тоже время для повышения эффективности совместной деятельности участников кластера, требуется ее координация. Цифровая платформа, концепция которой предложена в [1], предназначена для поддержки деятельности кластера: решения задач документооборота, взаиморасчетов между клиентами [3], планирования производства продукции [3-5] и пр.

В [3-5] описывается метод планирования производства валового объема продукции ПК на основе балансовой модели В.В. Леонтьева. ПК здесь рассматривается как система $S \equiv \langle C, P, R, A, Y \rangle$, где $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – перечень участников ПК; $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – номенклатура продукции, производимой участниками ПК; $R = \{r_i\}_h$ – бинарное отношение $R \subseteq C \times P$, элементы которого $r_i = \langle c_k, p_s \rangle$, $i = \overline{1, h}$, $1 \leq k \leq n$, $1 \leq s \leq m$ (далее продукты r_i) соответствуют продукции $p_s \in P$, выпускаемой участниками $c_k \in C$; $A = \{a_{i,j}\}_{h \times h}$ – матрица размерности h , каждый

элемент $a_{i,j}$ которой отражает количество продукта r_j , необходимого для производства продукта r_i ; $Y = (y_1 \dots y_h)^T$ – матрица-столбец с элементами $y_i, i = \overline{1, h}$ равными величине планируемого объема продукта r_i для внешних потребителей продукции ПК. Если система S статична в течение всего планового периода, вычисление плана $X = (x_1 \dots x_h)^T$ сводится к решению системы линейных уравнений, которая в матричной форме может быть записана в следующем виде:

$$X - AX = Y, \quad (1)$$

где элементы $x_i, i = \overline{1, h}$ матрицы-столбца X – значения планируемых объемов продуктов r_i .

Система планирования. Будем далее отсчитывать время пронумерованными равными отрезками $\Delta t: 1, 2, \dots, t, \dots$. Кроме того, будем использовать запись $[t_1, t_2]$ для обозначения отрезка времени составленного из отрезков Δt с номерами $t_1, t_1 + 1, \dots, t_2$. С учетом введенных обозначений уравнение (1) для отрезка $t \in [t_1, t_2]$ будет выглядеть следующим образом:

$$X(t) - AX(t) = Y(t). \quad (2)$$

Если известны все значения $Y(t)$ в $t_1, t_1 + 1, \dots, t_2$, то решив $t_2 - t_1 + 1$ систем уравнений (2), может быть получены значения $X(t), t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2$. Пару функций $\pi(t) = \langle X(t), Y(t) \rangle$, заданных в точках $t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2$ будем называть далее календарным планом на отрезке времени $[t_1, t_2]$, а величину $t_2 - t_1 + 1$ длиной этого отрезка.

Систему планирования кластера S определим как четверку: $H_S \equiv \langle \bar{t}, X^\uparrow, X^\downarrow, M \rangle$, где \bar{t} – длина отрезка времени, задающего период планирования; $X^\uparrow = (x_1^\uparrow \dots x_h^\uparrow)^T, x_i^\uparrow \geq 0$ – максимальный валовой объем продукции, который может быть произведен за отрезок времени длиной \bar{t} ; $X^\downarrow = (x_1^\downarrow \dots x_h^\downarrow)^T, x_i^\downarrow \geq 0$ – минимальный валовой объем продукции, который может быть произведен за отрезок времени длиной \bar{t} ; $M = (m_{i,j})_{\bar{t} \times h}, m_{i,j} \geq 0, \forall (i = \overline{1, h}) \sum_{j=1}^h m_{i,j} = 1$ – матрица, задающая отображение $\varphi: Y \rightarrow \{Y(t), t = 1, 2, \dots, \bar{t}\}$:

$$\begin{pmatrix} y_1(1) & \dots & y_h(1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_1(\bar{t}) & \dots & y_h(\bar{t}) \end{pmatrix} = \text{diag}(y_1, y_2, \dots, y_h) \times M. \quad (3)$$

Цель системы H_S – построение календарного плана $\Pi(t) = \langle \tilde{X}(t), \tilde{Y}(t) \rangle$, $t \in [1, \bar{t}]$, где $\tilde{X}(t) = (\tilde{x}_1(t) \dots \tilde{x}_h(t))^T$, $\tilde{x}_i(t) \geq 0$ – дискретная матричная функция с областью определения $t \in [1, \bar{t}]$ и областью значений заданной системой неравенств $x_i^\downarrow \leq \sum_{t \in [1, \bar{t}]} \tilde{x}_i(t) \leq x_i^\uparrow$, $i = \overline{1, h}$; $\tilde{Y}(t) = (\tilde{y}_1(t) \dots \tilde{y}_h(t))^T$ – дискретная матричная функция с областью определения $t \in [1, \bar{t}]$ и областью значений заданной системой неравенств $0 \leq \sum_{t \in [1, \bar{t}]} \tilde{y}_i(t) \leq y_i$, $i = \overline{1, h}$.

Алгоритм построение плана. Построение календарного плана $\Pi(t) = \langle \tilde{X}(t), \tilde{Y}(t) \rangle$, $t \in [1, \bar{t}]$ в системе H_S осуществляется за три шага: 1) вычисление значений $\tilde{X} = \sum_{t \in [1, \bar{t}]} \tilde{X}(t)$ и $\tilde{Y} = \sum_{t \in [1, \bar{t}]} \tilde{Y}(t)$; 2) вычисление значений функции $\tilde{Y}(t)$ в точках $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$; 3) вычисление календарного плана $\Pi(t) = \langle \tilde{X}(t), \tilde{Y}(t) \rangle$, $t \in [1, \bar{t}]$.

Шаг 1. Вычисление значений \tilde{X} и \tilde{Y} сводится решению задачи на поиск экстремума функции: $Z(\tilde{X}) = \sum_{i=1}^h \alpha_i (y_i - (1 - a_{i,i})\tilde{x}_i + \sum_{j \neq i} a_{i,j}\tilde{x}_j) \rightarrow \min$, где $\alpha_i \geq 0$ – нормирующие коэффициенты для приведения значения функции Z к безразмерной величине. При этом должны соблюдаться следующие ограничения:

$$0 \leq (1 - a_{i,i})\tilde{x}_i - \sum_{j \neq i} a_{i,j}\tilde{x}_j \leq y_i, x_i^\downarrow \leq \tilde{x}_i \leq x_i^\uparrow, i, j = \overline{1, h} \quad (4)$$

Если экстремум \tilde{X} функции $Z(\tilde{X})$ существует и он удовлетворяет всем ограничениям (4), то $\tilde{Y} = \tilde{X} - A\tilde{X}$. Если экстремум не существует, то план при заданных ограничениях не может быть построен.

Шаг 2. Вычисление значений функции $\tilde{Y}(t)$ при $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$ сводится к вычислению произведения (3): $\text{diag}(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_h) \times M$.

Шаг 3. Вычисление значений $\tilde{X}(t)$ при $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$ сводится к решению системы $h\bar{t}$ линейных уравнений: $(1 - a_{i,i})\tilde{x}_i(t) - \sum_{j \neq i} a_{i,j}\tilde{x}_j(t) = \tilde{y}_i(t)$, $i, j = \overline{1, h}$, $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$. Система имеет $h\bar{t}$ неизвестных $\tilde{x}_i(t)$ и столько же элементов столбца свободных членов $\tilde{y}_i(t)$, $i = \overline{1, h}$, $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$. Решением уравнения является функция $\tilde{X}(t)$, заданная значениями в точках $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$.

Результат. Результатом работы алгоритма является пара матричных функций $\Pi(t) = \langle \tilde{X}(t), \tilde{Y}(t) \rangle$, заданных своими значениями в точках $t = 1, 2, \dots, \bar{t}$. Заметим, что $\tilde{X}(t)$ и $\tilde{Y}(t)$ представляют собой два ансамбля по h функций $\tilde{X}(t) = (\tilde{x}_1(t) \dots \tilde{x}_h(t))^T$, $\tilde{Y}(t) = (\tilde{y}_1(t) \dots \tilde{y}_h(t))^T$. При этом каждая

пара функций $\pi_i(t) = \langle \tilde{x}_i(t), \tilde{y}_i(t) \rangle$ представляют собой план валовый объема производства отдельного продукта r_i , $i = \overline{1, h}$.

Заключение.

1. Предложенный метод позволяет построить план производства валового объема продукции на определенном отрезке времени и с заданной детализацией. В основе метода лежит модель «затраты-выпуск» В.В. Леонтьева, изначально предназначенная для макроэкономического анализа. Особенностью предлагаемого метода является дополнение модели ограничениями накладываемыми объемы выпуска продукции для внешних потребителей и на валовые объемы производства продукции, производимых участниками ПК в единицу времени.
2. Алгоритм построения плана состоит из тех шагов. На первом шаге решается система линейных уравнений размерности h , равной количеству позиций в номенклатуре продукции кластера. Оценка асимптотической сложности первого шага не превышает $O(h^3)$. На втором шаге выполняется умножение двух матриц. Оценка сложности второго шага – $O((h\bar{t})^2)$, где \bar{t} – длина отрезка времени планирования. На третьем шаге решается система линейных уравнений размерностью $h\bar{t}$. Асимптотическая оценка сложности третьего шага – $O((h\bar{t})^3)$. Таким образом, общая сложность алгоритма построения календарного плана ПК при ограниченной производительности его участников не превышает $O((h\bar{t})^3)$.

Список использованных источников

9. И.В. Новикова, В.В. Смелова, Ю.А. Тимофеева, Д.В. Шиман. Концепция цифровой платформы инновационно-промышленного кластера. Импортзамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения – 2022», Минск, 7–9 декабря 2022 г.: в 3 т. – Минск: БГТУ, 2022. – Т. 2. С. 3-7.
10. 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
11. И.В. Новикова, В.В. Смелова. Планирование валового объема продукции инновационно-промышленного кластера. Цифровизация: экономика и управление производством. Материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, 31 января-17 февраля 2023 г.

12. В.В. Смелова, Д.В. Шиман. Алгоритм планирования валового объема продукции инновационно-промышленного кластера. Алгоритмизация и программирование. Актуальные проблемы программной инженерии. Материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, 31 января-17 февраля 2023 г.
13. Новикова И.В., Смелова В.В., Шиман Д.В.. Планирование валового объема продукции инновационно-промышленного кластера. Управление информационными ресурсами: материалы XIX Международной научно-практической конференции, Минск, 23 марта 2023 г./Академия управления при Президенте Республики Беларусь. – Минск, 2023. –С. 368-370

УДК 339.13:615.1

В.А. Ярчак, В.В. Ивановский

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ОЦЕНКА РЫНКА ФАРМАЦЕВТИКОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Тенденции изменения рынка фармацевтической продукции отражают изменения в экономике Республики Беларусь. Объемы экспорта и импорта постепенно увеличиваются, что способствует развитию данной отрасли промышленности. Тренды на монополизацию, определяют концентрацию производственных мощностей и финансовых ресурсов. Организации, объединённые холдингом «Белфармпром», производят более 95% объёма отечественных лекарственных средств.

V.A. Yarchak, U.U. Ivanouski

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

ASSESSMENT OF THE PHARMACEUTICAL MARKET IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The market trends in pharmaceutical production reflect changes in the economy of the Republic of Belarus. The volumes of exports and imports are gradually increasing, which contributes to the development of this industrial sector. The trends towards monopolization define the concentration of production capacities and financial