допущении – отсутствии издержек при привлечении денежных средств у участников кластера.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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: Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием. В 2-х томах, Санкт-Петербург, 18–20 июня 2020 года / Под редакцией Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 196-208. – DOI 10.18720/IEP/2020.4/23.

2. И.В. Новикова, В.В. Смелова, Ю. А. Тимофеева, Д.В. Шиман. Концепция цифровой платформы инновационно-промышленного кластера // Минские чтения, 2022.

УДК 004.021

Маг. В.В. Смелова; доц. Д.В. Шиман
(БГТУ, г. Минск)

АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ВАЛОВОГО ОБЪЕМА ПРОДУКЦИИ ИННОВАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА

Инновационно-промышленный кластер – объединение субъектов хозяйствования с целью их эффективного взаимодействия и совместного устойчивого развития [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 [2]. В отличие от ERP-систем, нацеленных на автоматизацию отдельных предприятий, предложенная в [2] концепция подразумевает решение принципиально новых задач в рамках цифровой платформы. Одной из этих задач является планирование валового объема продукции инновационно-промышленного кластера.

В качестве основы для решения задачи задача планирования валового объема производимой участниками ПК предлагается применить балансовый метод Леонтьева [3]. В соответствии с методом, вычисление валового объема продукции взаимодействующих в рамках

ПК субъектов хозяйствования сводится к решению матричного уравнения $(\mathrm{E}-\mathrm{A})\mathrm{X}=\mathrm{Y}$, где E – единичная матрица, A – матрица технологических коэффициентов, Y – планируемый выпуск конечной продукции. При известных A и Y, решением уравнения является вектор-столбец

$$\mathrm{X}=(\mathrm{E}-\mathrm{A})^{-1}\mathrm{Y} \qquad (1)$$

элементы которого – искомые плановые валовые объемы продукции.

Рассмотрим систему:

$$\mathrm{B} \equiv < \mathrm{C}, \mathrm{P}, \mathrm{A}, \mathrm{Y} >,$$

где $\mathrm{C}=\{\mathrm{c}_1, \mathrm{c}_2, \dots, \mathrm{c}_\mathrm{n}\}$ – перечень участников ПК; $\mathrm{P}=\{\mathrm{p}_1, \mathrm{p}_2, \dots, \mathrm{p}_\mathrm{m}\}$ – номенклатура продукции, производимой участниками ПК; R=$\{r_i\}_\mathrm{h}$ – бинарное отношение $\mathrm{R} \subseteq \mathrm{C} \times \mathrm{P}$, элементы которого $r_i = < \mathrm{c}_\mathrm{k}, \mathrm{p}_\mathrm{s} >$, $\mathrm{i}=\overline{1,h}$, $1 \le \mathrm{k} \le \mathrm{n}$, $1 \le \mathrm{s} \le \mathrm{m}$ (далее продукты r_i) соответствуют продукции $\mathrm{p}_s \in \mathrm{P}$, выпускаемой участниками $\mathrm{c}_\mathrm{k} \in \mathrm{C}$; $A=\{a_{i,j}\}_h$ – квадратная матрица размерности h, каждый элемент $a_{i,j}$ которой отражает количество продукта r_j, необходимого для производства продукта r_i; $\mathrm{Y}=\begin{pmatrix} \mathrm{y}_1 \\ \dots \\ \mathrm{y}_\mathrm{h} \end{pmatrix}$ – вектор-столбец, элементы $y_i, i=\overline{1,h}$ которого равны величине планируемого выпуска продукта $\mathrm{r}_i, i=\overline{1,h}$ для внешних потребителей.

Зададим матрицу A и вектор Y (рис. 1).

A

Продукт	C1/PC-A	C1/PC-B	C2/PC-A	C2/PC-B	C3/SU-A	C3/MB	C4/CPS	C5/RAM	C6/MG	C7/WAR
C1/PC-A										
C1/PC-B										
C2/PC-A										
C2/PC-B										
C3/SU-A			1							
C3/MB	1	1		1	1					0.001
C4/CPS	1	1		1	1					0.01
C5/RAM	2	4		4	2					0.001
C6/MG	1	1	1	1						0.005
C7/WAR	1	1	1	1						

Y

Продукт	Выпуск продукта
C1/PC-A	10000
C1/PC-B	15000
C2/PC-A	20000
C2/PC-B	10000
C3/SU-A	5000
C3/MB	1000
C4/CPS	2000
C5/RAM	10000
C6/MG	5000
C7/WAR	0

Рисунок 1 – Пример построения матрицы A и вектора Y

Столбцы матрицы A означают производимую кластером продукцию, строки – комплектующие, также производимые внутри кластера. Вектором Y задается планируемый выпуск продуктов для внешних потребителей. В соответствии с решением уравнения баланса (1) может быть вычислен валовой объем X произведенных кластером продуктов (рис. 2).

$$X=(E-A)^{-1}Y$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{pmatrix} = \left(\begin{pmatrix} 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&1&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&1&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&1&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \\ 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0 \\ 1&1&0&1&1&0&0&0&0&0.001 \\ 1&1&0&1&1&0&0&0&0&0.01 \\ 2&4&0&4&2&0&0&0&0&0.001 \\ 1&1&1&1&0&0&0&0&0&0.005 \\ 1&1&1&1&0&0&0&0&0&0 \end{pmatrix} \right)^{-1} \times \begin{pmatrix} 10000 \\ 15000 \\ 20000 \\ 10000 \\ 5000 \\ 1000 \\ 2000 \\ 10000 \\ 5000 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10000 \\ 15000 \\ 20000 \\ 10000 \\ 25000 \\ 61055 \\ 62550 \\ 180165 \\ 60275 \\ 55000 \end{pmatrix}$$

Продукт	Валовой объем
C1/PC-A	10000
C1/PC-B	15000
C2/PC-A	20000
C2/PC-B	10000
C3/SU-A	25000
C3/MB	61055
C4/CPS	62550
C5/RAM	180165
C6/MG	60275
C7/WAR	55000

Рисунок 2 – Пример решения уравнения баланса

Считается, что применение балансовой модели ограничивается вычислительной мощностью современных компьютерных систем, которые не позволяют рассчитать за требуемое (ограниченное) время план [3] с помощью балансового метода Леонтьева. Действительно решение задач планирования на государственном уровне может привести к необходимости решения системы линейных уравнений размерностью в несколько тысяч. Предполагается, что применение этого метода для промышленного кластера не выведет пределы размерности 2000.

На рис. 3 приведены результаты обработки вычислительного эксперимента, позволяющего оценить продолжительность решения систем линейных уравнений. Эксперимент выполнялся на компьютере с 4-ядерным процессором Intel Core i7-4790, 3.60GHz и объемом оперативной памяти 16 GB. Вычисления осуществлялись с помощью библиотеки математических функций Math.NET Numerics [4].

На рис. 3 изображено три практически слившиеся линии, отражающие зависимости продолжительности решения систем линейных уравнений от их размерности с различной степенью разреженности матрицы коэффициентов: 50, 70 и 80 процентов нулевых коэффициентов. Графики позволяют предполагать, что в данном эксперименте влияние степени разрежённости матрицы коэффициентов не оказывает значительного влияния.

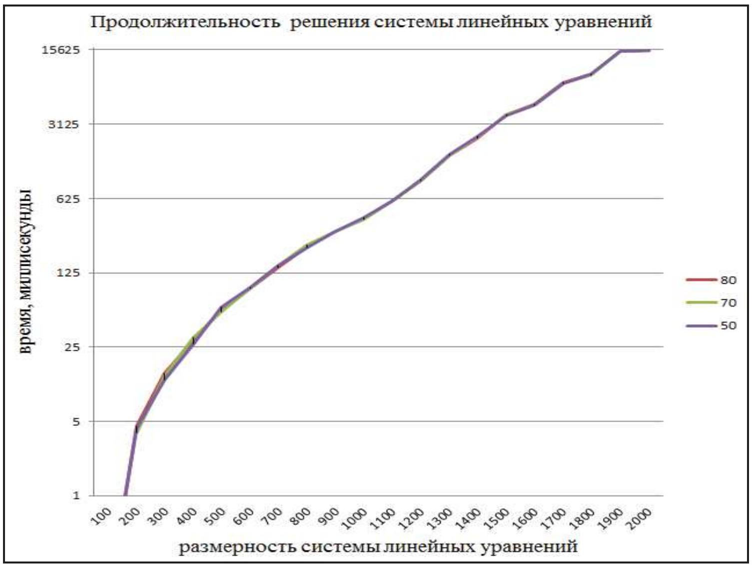

Рисунок 3 – Оценка продолжительности решения системы линейных уравнений

Результаты эксперимента позволяют утверждать, что вычисление плана валового производства продукции с номенклатурой до 2000 единиц не превышает 16 с. на компьютере средней мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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: Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием. В 2-х томах, Санкт-Петербург, 18–20 июня 2020 года / Под редакцией Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 196-208. – DOI 10.18720/IEP/2020.4/23.

2. И.В. Новикова, В.В. Смелова, Ю. А. Тимофеева, Д.В. Шиман. Концепция цифровой платформы инновационно-промышленного кластера // Минские чтения, 2022.

3. Ведута Е.Н. Межотраслевой-межсекторный баланс: механизм стратегического планирования экономики: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический проект, 2020. – 239 с.

4. Math.NET Numerics [Электронный ресурс]. – URL: https://numerics.mathdotnet.com (дата обращения 05.01.2023).