УДК 681.5: 338.36

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОМ

Семина О. И., аспирант; Шишкина Е. В., студентка
(Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), г. Новочеркасск, Россия)

Для управления дефектами в производстве продукции предложена динамическая модель получения прибыли от реализации дефектной продукции по операциям технологического процесса для совершенствования прогнозирования и принятия решений.

Получение внутрипроизводственных инвестиций связано с определением объема дефектов на протяжении всего технологического процесса. Более того, необходимо управлять ими.

В настоящее время на базе стандартов ГОСТ Р ИСО серии 9000, принятых на территории Российской Федерации, на практике применяется семь основных статистических методов управления дефектом: контрольный лист; гистограмма; контрольная карта; диаграмма Парето; диаграмма Исикавы; корреляционный анализ; расслоение [1].

Недостатком такого подхода к управлению дефектами является то, что ни один из них не отражает динамику возникновения данных при выпуске продукции.

В докладе представлена динамическая модель управления дефектом, отражающая динамику возникновения данного фактора при производстве и описываемая выражением:

$$R = Д \cdot T,$$

где R – матрица, характеризующая прогнозируемую прибыль от реализации дефектной продукции на рынке по операциям технологического процесса;
Д – матрица, характеризующая стоимость дефекта в общем объеме выпуска по операциям технологического процесса;
T – вектор-столбец, характеризующий структуру технологического процесса по времени протекания каждой операции.
Стоимость дефекта в общем объеме выпуска определяется по следующему соотношению:

$$Д = U \cdot (\eta + \varepsilon^{-\alpha\tau}),$$

где U – текущая стоимость всего объема произведенной продукции;
η – статистический показатель дефектной продукции по отраслям производства (в машиностроительной области $\eta = 0{,}12$) [2];
α – статистический показатель работоспособности технологического оборудования, принимается равным 0,68;
τ – время запаздывания на реализацию нововведения.

Для решения поставленной задачи в качестве примера проведены статистические исследования качества продукции на этапах производства щита подшипникового. На рис. 1 представлена кривая распределения прогнозируемой прибыли от реализации дефектной продукции на рынке по операциям технологического процесса.

Благодаря предложенной модели управления дефектом, которая позволяет прогнозировать внутрипроизводственные инвестиции, существует возможность совершенствования процессов принятия решений, реализации новых проектов и идей в других технологиях данного объединения.

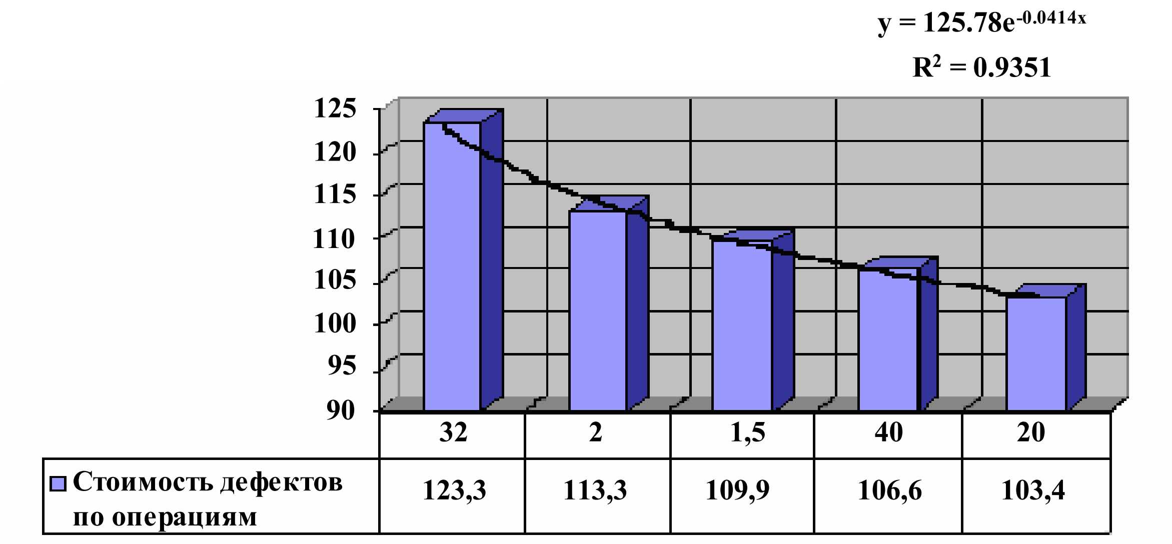

Рисунок 1. Кривая распределения прогнозируемой прибыли от реализации дефектной продукции на рынке

Элементом технико-экономической системы управления качеством является внутрипроизводственный инвестор. Структурная схема подсистемы управления качеством представлена на рис. 2 [3]. Элементы матриц A, B и C на этой схеме определяют стоимость дефекта в общем объеме выпуска по операциям технологического процесса – x_1, структуру технологического процесса по времени протекания каждой операции – x_2. Выходы y_1, y_2 – инвестиции, направленные на кратковременные нововведения и уровень потока дефектов, соответственно.

$Y_1 = y_1 + y_2$ – доход, который может быть получен в технико-экономической системе управления качеством в результате инноваций, направленных на изменение состояния инвестирования.

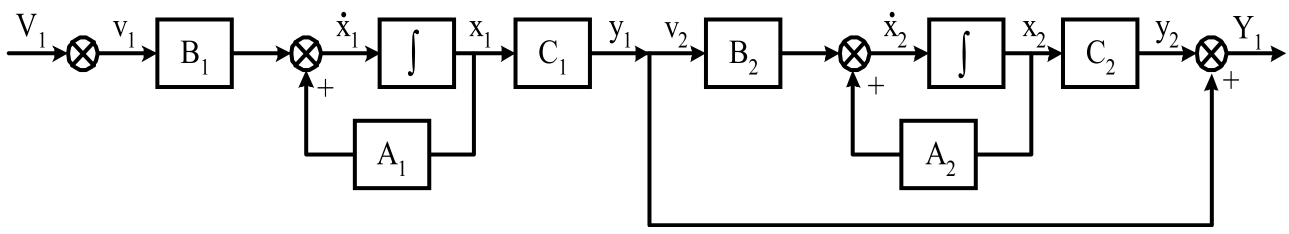

Рисунок 2. Структурная схема подсистемы управления дефектами

Система векторных дифференциальных уравнений, описывающая движение подсистемы определяется выражениями:

$$\begin{aligned} &\dot{x}_1(t) = A_1(t)\cdot x_1(t) + B_1(t)\cdot v(t);\\ &\dot{x}_2(t) = A_2(t)\cdot x_2(t) + B_2(t)\cdot C_1(t)\cdot x_1(t);\\ &Y = C_1(t)\cdot x_1(t) + C_2(t)\cdot x_2(t). \end{aligned} \tag{1}$$

Представим систему уравнений (1) в матрично-векторной форме

$$\begin{aligned} &\dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ B_2C_1 & A_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot V;\\ &Y = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}. \end{aligned} \tag{2}$$

Для того чтобы исследовать данную подсистему на устойчивость, управляемость и наблюдаемость, необходимо уравнения (2) привести к записи в нормальной форме, которая запишется в виде:

$$\begin{aligned} &\dot{q} = \lambda \cdot q + B_n \cdot v;\\ &y = C_n \cdot q, \end{aligned}$$

где λ – диагональная матрица, $\lambda = M^{-1}$ A M; M – модальная матрица; M^{-1} – обратная модальная матрица, $x = M \cdot q$.

Матрица А, в нашем случае имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1{,}69\cdot 10^{10} & 0 \\ 1 & 55{,}05 \end{pmatrix},$$

тогда матрица $[\lambda I - A]$ примет вид:

$$[\lambda I - A] = \begin{pmatrix} \lambda - 1{,}69\cdot 10^{10} & 0 \\ -1 & \lambda - 55{,}05 \end{pmatrix}.$$

Приравняв определитель матрицы $[\lambda I - A]$, найдем характеристические числа: $\lambda_1 = 1{,}69\cdot 10^{10}$ и $\lambda_2 = 55{,}05$.

Запишем присоединенную матрицу, которая имеет вид:

$$\mathrm{Adj}[\lambda I - A]_{\lambda} = \begin{pmatrix} \lambda - 55{,}05 & 0 \\ -1 & \lambda - 1{,}69 \cdot 10^{10} \end{pmatrix}$$

Найдем присоединенные матрицы для каждого характеристического числа:

$$\mathrm{Adj}[\lambda I - A]_{\lambda_1} = \begin{pmatrix} 1{,}69 \cdot 10^{10} & 0 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{Adj}[\lambda I - A]_{\lambda_2} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 1{,}69 \cdot 10^{10} \end{pmatrix}$$

Так как характеристические векторы единственным образом определяют только направление, то будучи умноженными на какую-либо скалярную величину, эти векторы по-прежнему удовлетворяют уравнению. Следовательно, модальная матрица имеет вид:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -5{,}91 \cdot 10^{-11} & -1 \end{pmatrix}$$

Каждый столбец этой модальной матрицы служит характеристическим векторам в одномерном векторном пространстве.

Найдем обратную модальную матрицу:

$$M^{-1} = \frac{\mathrm{Adj}M}{|M|},$$

где Adj M присоединенная матрица для M, образованная из алгебраических дополнений C_{ij}, а $|M|$ - определитель матрицы M.

$$M^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 5{,}91 \cdot 10^{-11} & -1 \end{pmatrix}$$

Найдем матрицы λ, B_n и C_n и запишем систему уравнений (2) в нормальной форме:

$$\begin{aligned} \dot{q} &= \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}69 \cdot 10^{10} & 0 \\ -1{,}6 \cdot 10^{-5} & 55{,}05 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 5.91 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix} \cdot v; \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix}. \end{aligned} \tag{3}$$

Проанализировав матрицы B_n и C_n из системы уравнений (3), можно сделать вывод, что данная подсистема является управляемой и наблюдаемой. На рис. 3 представлена траектория движения конца вектора состояния из начального положения в конечное. Данный график позволяет оценить влияние инвестиций на изменение состояния товаропроизводителя. То есть, можно сказать, что рост внутрипроизводственных инвестиционных поступлений дает возможность увеличить объем выпуска продукции.

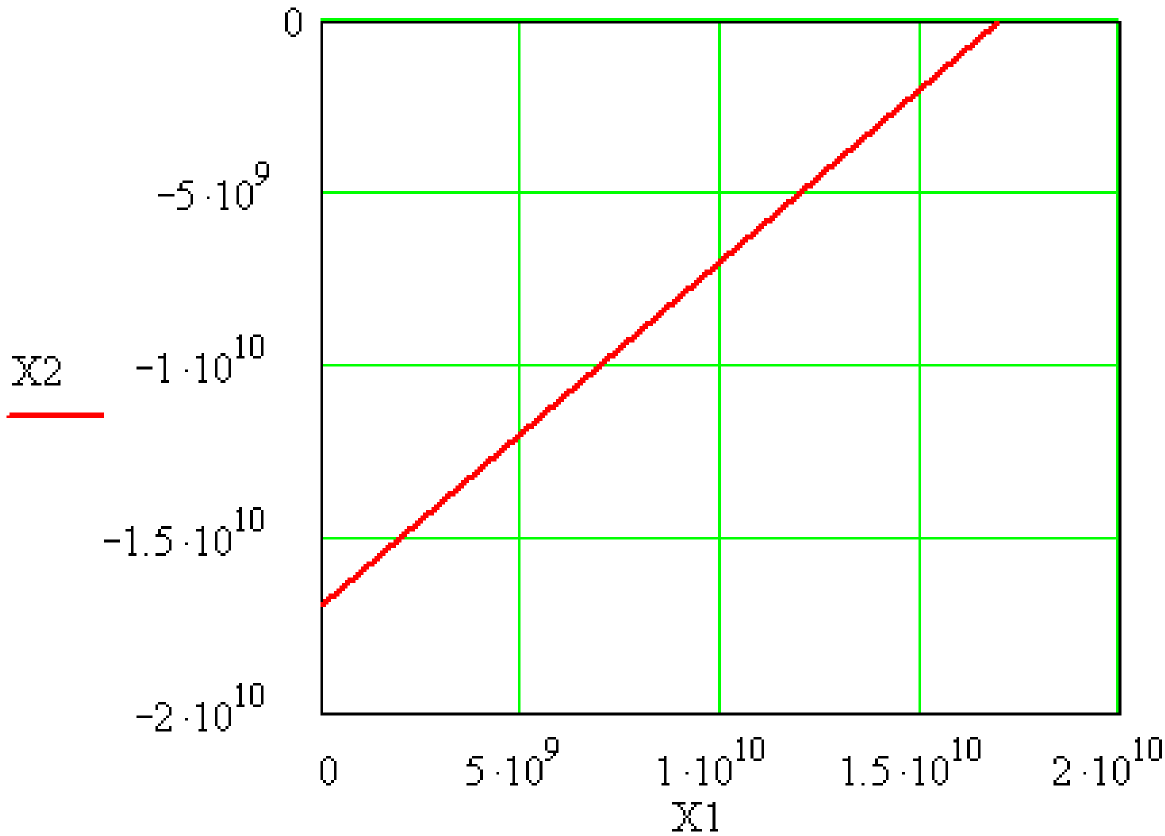

Рисунок 3. Траектория движения конца вектора состояния

Перечень ссылок

1. Варакута С.А. Управление качеством продукции. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2001. – 207 с.

2. Четыркин Е. Н. Финансовый анализ производственных инвестиций. – М.: Дело, 1998. – 256 с.

3. Петраков В. А. Основы технологического предпринимательства: Учебное пособие. – Ростов – на – Дону: СКНЦ ВШ, 2001. – 160 с.