

УДК 65.012.123

О.Е. Федорович, К.О. Западня, Д.В. Маринин

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА РЕИНЖИНИРИНГА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

В работе ставится и решается задача выбора рационального варианта реинжиниринга логистической системы управления территориально распределенным производством. Рассматриваются основные критерии для оценки затрат реинжиниринга: стоимость, длительность цикла управления, проектный риск, надежность. Задача формулируется и решается в терминах целочисленного линейного программирования с булевыми переменными. Предложена многокритериальная постановка задачи оптимизации с учетом значимости предложенных критериев.

**Ключевые слова:** логистическая система управления, территориально распределенное производство, реинжиниринг, целочисленное линейное программирование, оптимизация затрат.

### Введение

В управлении сложным территориально распределенным производством (ТРП) регулярно возникают задачи реинжиниринга, связанные с развитием компании и расширением сферы ее деятельности [1]. Это отражается на составе и структуре комплекса аппаратно-программных средств логистической информационной управляющей системы (ЛИУС), которая обеспечивает информационную поддержку логистической цепи «снабжение – производство – сбыт» [2]. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится и решается задача оптимизации затрат, связанных с реинжинирингом логистической информационной управляющей системы.

### Постановка задачи исследования

Проведение модернизации ЛИУС должно соответствовать целям и задачам, связанным с развитием и расширением деятельности компании. Это приводит к появлению новых функциональных задач и совершенствованию существующих для обеспечения устойчивого управления ТРП. Ставится задача проанализировать проектные затраты, связанные с реинжинирингом ЛИУС путем поиска рационального варианта модернизации системы. Пусть для каждого  $j$ -го элемента логистической цепи «снабжение – производство – сбыт», для которого существует  $j$ -й фрагмент системы управления, сформировано множество возможных вариантов модернизации ЛИУС  $n_j$ , где  $j = \overline{1, N}$ ,  $N$  – количество элементов логистической цепи. Для оценки затрат, связанных с реинжинирингом ЛИУС введем следующие критерии:

$C$  – финансовые затраты (стоимость) проведения модернизации ЛИУС;

$T$  – длительность цикла управления в ЛИУС;

$R$  – проектный риск, связанный с проведением модернизации ЛИУС;

$N$  – надежность ЛИУС, полученная в результате модернизации.

### Решение задачи исследования

Для решения поставленной задачи, связанной с выбором рационального варианта реинжиниринга ЛИУС ТРП, воспользуемся методом целочисленного линейного программирования. Для этого введем булеву переменную  $X_{ij} = \{1, 0\}$ , значение которой  $X_{ij} = 1$ , когда для  $j$ -го элемента логистической цепи, выбран  $i$ -й вариант модернизации ЛИУС и  $X_{ij} = 0$ , в

противном случае. При этом  $\sum_{ij=1}^{n_j} X_{ij} = 1$ , для всех

$j = \overline{1, N}$ .

Представим критерии для оценки реинжиниринга ЛИУС в терминах целочисленного линейного программирования с булевой переменной  $X_{ij}$  (целевые функции и ограничения):

1. Финансовые затраты на проведение реинжиниринга ЛИУС ТРП:

$$C = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \cdot C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  – финансовые затраты, связанные с реализацией фрагмента ЛИУС для  $i$ -го варианта реинжиниринга и  $j$ -го элемента логистической цепи ТРП.

2. Длительность общего цикла управления в ЛИУС ТРП:

$$T = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij},$$

где  $t_{ij}$  – длительность цикла управления для фрагмента ЛИУС, связанного с  $i$ -м вариантом реинжиниринга на  $j$ -м элементе логистической цепи ТРП.

3. Проектный риск, связанный с проведением модернизации ЛИУС:

$$R = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ij},$$

где  $r_{ij}$  – риск модернизации фрагмента ЛИУС, связанного с  $i$ -м вариантом реинжиниринга для  $j$ -го элемента логистической цепи ТРП.

4. Надежность модернизируемой ЛИУС. Будем оценивать надежность  $N$  в виде интенсивности отказов аппаратно-программного комплекса ЛИУС:

$$\lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij},$$

где  $\lambda_{ij}$  – интенсивность отказов аппаратно-программного обеспечения фрагмента ЛИУС, связанного с  $i$ -м вариантом реинжиниринга  $j$ -го элемента логистической цепи ТРП.

Сформируем оптимизационные задачи, связанные с рациональным выбором варианта реинжиниринга ЛИУС, в которых каждый из рассматриваемых критериев может выступать в качестве целевой функции, а остальные – использоваться в виде ограничений.

1. Необходимо минимизировать финансовые затраты, связанные с реинжинирингом ЛИУС ТРП:

$$\min C, C = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot C_{ij}.$$

С учетом ограничений:

$$T \leq T', T = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij},$$

$$R \leq R', R = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot r_{ij},$$

$$\lambda \leq \lambda', \lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij}.$$

где  $T'$  – допустимая длительность цикла управления ЛИУС ТРП;

$R'$  – допустимый проектный риск, связанный с реинжинирингом ЛИУС ТРП;

$\lambda'$  – допустимая интенсивность отказов аппаратно-программного комплекса ЛИУС ТРП.

2. Необходимо минимизировать длительность общего цикла управления ЛИУС ТРП:

$$\min T, T = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij}.$$

С учетом ограничений:

$$C \leq C', C = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot c_{ij},$$

$$R \leq R', R = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot r_{ij},$$

$$\lambda \leq \lambda', \lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij}.$$

где  $C'$  – допустимые финансовые затраты, связанные с реинжинирингом ЛИУС ТРП.

3. Необходимо минимизировать проектный риск, связанный с реинжинирингом ЛИУС ТРП:

$$\min R, R = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot r_{ij}.$$

С учетом ограничений:

$$C \leq C', C = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot c_{ij},$$

$$T \leq T', T = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij},$$

$$\lambda \leq \lambda', \lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij}.$$

4. Необходимо минимизировать, в результате реинжиниринга, интенсивность отказов (повысить надежность) аппаратно-программного комплекса ЛИУС ТРП:

$$\min \lambda, \lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij}.$$

С учетом ограничений:

$$C \leq C', C = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot c_{ij},$$

$$T \leq T', T = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij},$$

$$R \leq R', R = \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot r_{ij}.$$

5. Проведем многокритериальную оптимизацию для выбора рационального варианта реинжиниринга ЛИУС ТРП. Для этого воспользуемся результатами решения оптимизационных задач 1-4. Проформируем критерии  $C, T, R, \lambda$  (переведем их в относительную шкалу  $0 \div 1$ ):

$$\bar{C} = \frac{C - C^*}{C' - C^*},$$

$$\bar{T} = \frac{T - T^*}{T' - T^*},$$

$$\bar{R} = \frac{R - R^*}{R' - R^*}, \hat{\lambda} = \frac{\lambda - \lambda^*}{\lambda' - \lambda^*},$$

где  $C^*, T^*, R^*, \lambda^*$  – минимальные значения критериев  $C, T, R, \lambda$ , полученные в результате решения оптимизационных задач 1 – 4.

Введем комплексный критерий:

$$W = \alpha_C \cdot \bar{C} + \alpha_T \cdot \bar{T} + \alpha_R \cdot \bar{R} + \alpha_\lambda \cdot \hat{\lambda},$$

где  $\alpha_C, \alpha_T, \alpha_R, \alpha_\lambda$  – «веса» критериев  $C, T, R, \lambda$  соответственно.

Значения «весов» определяются экспертами (специалистами по реинжинирингу и руководством ТРП). При этом

$$\alpha_C + \alpha_T + \alpha_R + \alpha_\lambda = 1.$$

Раскроем комплексный критерий  $W$  для проведения его минимизации:

$$\begin{aligned} & \min W, \\ W &= \alpha_C \frac{C - C^*}{C' - C^*} + \alpha_T \frac{T - T^*}{T' - T^*} + \alpha_R \frac{R - R^*}{R' - R^*} + \alpha_\lambda \frac{\lambda - \lambda^*}{\lambda' - \lambda^*} = \\ &= \frac{\alpha_C}{C' - C^*} \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot c_{ij} + \frac{\alpha_T}{T' - T^*} \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot t_{ij} + \\ &+ \frac{\alpha_R}{R' - R^*} \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot r_{ij} + \frac{\alpha_\lambda}{\lambda' - \lambda^*} \sum_{j=1}^N \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ij} \cdot \lambda_{ij} - \\ &- \frac{\alpha_C \cdot C^*}{C' - C^*} - \frac{\alpha_T \cdot T^*}{T' - T^*} - \frac{\alpha_R \cdot R^*}{R' - R^*} - \frac{\alpha_\lambda \cdot \lambda^*}{\lambda' - \lambda^*}. \end{aligned}$$

## Выводы

Предложенный подход целесообразно использовать на этапах планирования проведения реинжиниринга ЛИУС ТРП, когда необходимо оценить и минимизировать затраты, связанные с модернизацией логистической информационной управляющей системы территориально распределенного производства и выбрать рациональный вариант реинжиниринга.

## Список литературы

1. Федорович, О.Е. Логистические модели управления производством [Текст]: моногр. / О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, А.В. Попов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 218 с.
2. Федорович, О.Е. Оценка затрат на реинжиниринг комплексной информационной системы предприятия, которое создает новую технику [Текст] / О.Е. Федорович, К.О. Западня, А.В. Котляров // Радиоэлектронные и компьютерные системы, 2010. – №1 (42). – С. 141-143.

Поступила в редколлегию 15.11.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РЕІНЖІНІРИНГУ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

О.Є. Федорович, К.О. Западня, Д.В. Маринін

У роботі ставиться та вирішується задача вибору раціонального варіанта реінжинірингу логістичної системи управління територіально розподіленим виробництвом. Розглядаються основні критерії для оцінки витрат реінжинірингу: вартість, тривалість етап управління, проектний ризик, надійність. Задача формується та вирішується у термінах цілочисельного лінійного програмування з мулевими перемінними. Запропоновано багатокритеріальну постановку задачі оптимізації з урахуванням значущості запропонованих критеріїв.

**Ключові слова:** логістична система управління, територіально розподілене виробництво, реінжиніринг, цілочисельне лінійне програмування, оптимізація витрат.

## SELECTION OF THE RELEVANT REENGINEERING ALTERNATIVE FOR THE LOGISTIC SYSTEM OF THE DISTRIBUTED MANUFACTURE CONTROL

O.Ye. Fedorovich, K.O. Zapadnya, D.V. Marinin

The problem of selection of the relevant reengineering alternative for the logistic system of the distributed manufacture control is stated and solved. The main criteria to estimate such reengineering costs as price, duration of management cycle, project risk and reliability are considered. The problem is stated and solved in terms of integer-valued linear programming with Boolean variables. The multi-criteria formulation of the optimization task that considers the importance of the selected criteria is proposed.

**Keywords:** logistic control system, territory-distributed manufacture, reengineering, integer-valued programming, optimization of costs.