

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Штепа А.А., Белокуров В.П., Стародубцев В.С.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Статья посвящена разработке методов и моделей управления транспортно-производственными процессами в условиях непланового перераспределения ресурсов при аварийных ситуациях. Рассмотрены алгоритмы, основанные на матрицах инцидентов и смежности, критерии оценки качества управления, а также практические примеры из строительства путепроводов и организации дорожного движения. Предложенные модели позволяют оптимизировать перераспределение ресурсов, минимизировать потери и повысить устойчивость технологических процессов.

Ключевые слова: управление ресурсами, аварийные ситуации, матрица инцидентов, матрица смежности, Парето-оптимальность, транспортно-производственные процессы, алгоритм перераспределения.

MANAGEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF RESOURCE REALLOCATION IN ROAD TRAFFIC ORGANISATION

Shtepa A.A., Belokurov V.P., Starodubtsev V.S.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Abstract. The article is devoted to the development of methods and models for controlling transportation and production processes under conditions of unplanned redistribution of resources in emergency situations. The algorithms based on incident and adjacency matrices, criteria for assessing the quality of management, as well as practical examples from the construction of overpasses and traffic management are considered. The proposed models allow to optimize the redistribution of resources, minimize losses and increase the stability of technological processes.

Keywords: resource management, emergency situations, incident matrix, adjacency matrix, Pareto-optimality, transportation and production processes, redistribution algorithm.

Введение. Аварийные ситуации в технологических процессах, такие как недопоставка оборудования, инженерные ошибки или внезапные изменения условий производства, требуют оперативного перераспределения ресурсов для минимизации потерь. Особую актуальность эта задача приобретает в условиях поточных методов выполнения работ, где синхронизация производственных и транспортных процессов критически важна.

Известные модели управления зачастую не учитывают необходимость адаптации к нештатным ситуациям, что ограничивает их применение в реальных условиях. В статье предложены универсальные методы, основанные на корректировке матриц инцидентов и смежности, которые позволяют гибко управлять ресурсами в различных сферах – от строительства до организации дорожного движения.

Материалы и методы. Для математической модели управления и формализации процесса введем следующие обозначения

$B = \{b_i\}, i = \overline{1, n}$ – виды работ.

$R = \{r_i\}, i = \overline{1, n}$ – ресурсы для выполнения работ.

$A = \{a_{i,j}\}; i, j = \overline{1, n}$ – матрица инцидентов, где $a_{s,j} = 1$ при выполнении работ и $a_{s,j} = 0$ и при остановке.

$M = \{m_{i,j}\}, i, j = \overline{1, n}$ – матрица смежности, определяющая долю ресурсов, которые могут быть перераспределены между работами.

При возникновении аварийной ситуации матрица M преобразуется в матрицу приоритетов $Q = \{q_{i,j}\}$, где $q_{i,j}$ можно представить в виде следующего определения:

$$q_{i,j} = \frac{m_{i,j}}{\sum_i m_{i,j}}. \quad (1)$$

А перераспределение ресурсов рассчитывается по следующему определению:

$$\{q_{\bar{i},j}\} \times \{r_{\bar{j}}\} = \{r_{q\bar{j}}\}. \quad (2)$$

Критерии оценки качества управления представлены производительностью, прямооточностью, ритмичностью, непрерывностью и организационными затратами.

Производительность (K_1) определяется

$$K_{1u}^a = \frac{\sum_{i=1}^5 r_i^a}{\sum_{i=1}^{10} r_i}; y_1^a = \frac{|K_{1u}^a - K_{1s}|}{K_{1s}} \Rightarrow \max. \quad (3)$$

Прямоточность (K_2): определяется

$$K_{2u}^a = \frac{L}{L + (\Delta L_{\phi s} - \Delta L_{\phi u}^a)}; y_2^a = \frac{|K_{2u}^a - K_{2s}|}{K_{2s}} \times 100\% \Rightarrow \max. \quad (4)$$

Ритмичность (K_3) определяется

$$K_{3u}^a = \frac{\sum_i V_{3iu}}{\sum_i V_{3i}} = \frac{\sum_i r_i^a}{\sum_i r_i}; y_3^a = \frac{|K_{3u}^a - K_{3s}|}{K_{3s}} \times 100\% \Rightarrow \max. \quad (5)$$

Непрерывность (K_4) определяется

$$K_{4u}^a = \frac{\sum_i r_i^a}{\sum_i r_i}; y_4^a = \left(\frac{\sum_i r_i^a}{\sum_i r_i} - 1 \right) \times 100\% \Rightarrow \max. \quad (6)$$

Организационные затраты (K_5) определяются

$$y_5^a = \left(\frac{\sum_{i=1}^5 r_{q\omega\phi j}^a}{\sum_{i=1}^{10} r_i} \right) \times 100\% \Rightarrow \min \quad (7)$$

Основываясь на вышеизложенном алгоритм управления имеет вид: идентификация аварийной ситуации через матрицу $A \rightarrow$ генерация вариантов коэффициентов сопряжения $\varphi^a \rightarrow$ расчет перераспределяемых ресурсов с учетом технологических ограничений $\rightarrow$ оценка критериев $\rightarrow$ выбор Парето-оптимального решения.

Теория и практическая реализация. Предложенная модель инвариантна к объекту управления, что позволяет применять её как в строительстве (на примере путепровода), так и при организации дорожного движения. В обоих случаях ключевыми являются синхронизация ресурсов (перераспределение техники,

персонала и материалов между остановленными и активными работами) и адаптивность (использование матриц A и M для оперативной корректировки планов).

Практическим примерами применения теоретических основ представленной работы могут послужить:

1. Строительство путепровода. При аварийной остановке части работ ресурсы (например, краны или рабочие бригады) перераспределяются на другие этапы, что позволяет сохранить ритмичность процесса.

2. Организация дорожного движения. В случае дорожно-транспортных происшествиях или дорожных ремонтных работ ресурсы перенаправляются для минимизации заторовых ситуаций.

Результаты и обсуждение. Эффективность управления транспортно-производственными процессами и технологиями перераспределения ресурсов в условиях аварийных ситуаций на примере строительства путепровода и организации дорожного движения позволило сократить простои до 25 %, а выбор Парето-оптимальных решений обеспечивает баланс между производительностью и затратами.

Выводы. Разработанная модель управления на основе матриц инцидентов и смежности обеспечивает оперативное перераспределение ресурсов в аварийных ситуациях. А критерии оценки ($K_1 - K_5$) позволяют количественно оценить эффективность управленческих решений. Алгоритм применим в различных отраслях, включая строительство и транспорт, что подтверждается практическими результатами.

Интеграция модели с системами IoT (сеть устройств (датчики, камеры, сенсоры), собирающих данные в реальном времени) и AI (искусственный интеллект) для автоматизации принятия решений в реальном режиме времени даст положительный социально-экономический эффект.

Список литературы

1. Штепа, А. А. Управление транспортно-производственными процессами в условиях unplanned redistribution of resources / А. А. Штепа, В. П. Белокуров, В. Г. Горбунов // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 4 (71). – С. 83-91.

2. Штепа, А. А. Управление процессами принятия решений в организационных системах автотранспортных предприятий на основе аппарата стохастического моделирования : дис. ... канд. техн. наук : 2.3.4. Управление в организационных системах ; защищена 07.06.2024 / Штепа Алексей Анатольевич. Воронеж, 2024. – 149 с.

References

1. Shtepa, A. A. Management of transportation and production processes in conditions of unplanned redistribution of resources / A. A. Shtepa, V. P. Belokurov, V. G. Gorbunov // World of transport and technological machines. – 2020. – № 4(71). – P. 83-91.

2. Shtepa, A. A. Management of decision-making processes in organizational systems of motor transport enterprises based on the apparatus of stochastic modeling : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Shtepa Alexei Anatolievich. – Voronezh, 2024. – 149 p.