

*Лаухин И.Р.,
студент магистратуры 2 курса,
направление «Информатика и вычислительная техника»,
Майстренко Н.В.,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки
принятия решений»,
Тамбовский государственный технический университет
Россия, г. Тамбов*

К ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВОГО ГРАФИКА ПОГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

***Аннотация:** В работе определены критерии оценки сетевого графика организации погрузочных работ. Приведенные актуальные методики формализации сетевых моделей адаптированы под представленную предметную область. Применение их на практике позволит повысить эффективность использования ресурсов, сократить финансовые риски осуществления работ.*

***Ключевые слова:** погрузочные работы, сетевой график, математическое моделирование, имитационная модель, теория графов.*

***Annotation:** The work defines the criteria for evaluating the network schedule of the loading operations' organization. The current network's methods of formalization are adapted to the presented subject area. Their application in practice will improve the efficiency of resource use, reduce the financial risks of the work.*

***Key words:** loading work, network schedule, mathematical modeling, simulation model, graph theory.*

Имеющее актуальность в современной логистике развитие программного обеспечения расчетов загрузки контейнеров до уровня автоматизированной системы управления бизнес-процессами, требует определенного рода методик в оптимизации работы такого рода предприятий. Анализ литературных источников[1-3] показал недостаточное развитие представленной проблемы и соответствующих алгоритмических решений в контексте системного определения.

В рамках повышения эффективности управления загрузочными работами на предприятии будем рассматривать оптимизацию сетевого графика, который занимает определяющее положение в документальной формализации распределения работ по исполнителям. Оптимальные относительно целевых критериев решения на этапе формирования сетевой модели приведут к повышению эффективности функционирования предприятия.

Применяя определение сетевого графика в контексте рассматриваемой предметной области, обозначим:

- множество работ $R = \{r_i\}$ ($i = \overline{1, N_p}$), представляющее N_p комплексных загрузок контейнеров;

- набор исполнителей $X = \{x_j\}$ ($j = \overline{1, N_n}$), численностью N_n .

Формируя граф сетевой модели, обозначим вершины как работы, а дуги – условия перехода между ними, отражающие практическую подготовку команды и технического обеспечения к загрузке следующего контейнера. Математически, такие условия задаются матрицей коэффициентов перехода $\{c_{k,l}\}$, элементы которой обозначают связь между работами r_k и r_l .

Время осуществления технологических операций имеет определяющее значение в логистике, т.к. формируемые расписания доставки четко регламентированы и взаимозависимы на предприятиях-контрагентах. Срыв плана, в таком случае, может иметь фатальные экономические последствия. Таким образом в качестве критерия оптимизации примем критический путь

графа[4] $T_{кр}$, который включает как время исполнения собственных операций, так и сумму затрат на переходы между ними – $\{c_{k,l}\}$.

$$T_{кр}(X, R) = \sum_{\substack{x \in X, \\ r_i \in R \\ i=1}}^{N_p} t(r_i, x) + \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{j=1}^{N_p} c_{i,j} R \quad (1)$$

Численное определение $t(r_i, x)$ производится при расчете формирования -го контейнера на оптимальной модели его загрузки[1-3]. Как правило, такие модели имеют комбинаторный вид, а численное решение производится умеренным перебором или эвристическими алгоритмами, что связано с исключением практического применения полного перебора вариантов из-за относительно больших размерностей векторов загружаемого товара. Критериями загрузки выступают геометрические показатели плотности загрузки, совместимость единиц перевозки и экспертное отражение приоритета формируемого груза.

В контексте функции (1) задача оптимизации сетевой модели примет вид:

$$T_{кр}(X, R) \rightarrow \min_{x \in X, R} T_{кр} \quad (2)$$

Проблема (2) означает поиск вектора следования работ R и эффективное распределение каждой работы из множества R по исполнителям для минимизации общего времени исполнения плана. Такой оптимум даст необходимый запас операционного времени, который может быть задействован в случаях сбоя при осуществлении погрузочных работ на предприятии. Задача (2) также отражает и принцип использования параллельности работ.

Обозначим комплексную функцию оценки как Q , которая на практике может отражать технико-экономические показатели работы, а $Q_{нижн}$ и $Q_{верх}$ как соответствующие допустимые верхние и нижние границы ее осуществления. Естественно полагать изменение Q с ходом применения ротаций в сетевом графике, поэтому к задаче (2) примем следующие ограничения:

$$Q_{\text{нижн}} \leq \sum_{i=1}^{N_p} Q(X, R) \leq Q_{\text{верх}} \quad (3)$$

Численно распределение работ по исполнителям представляет сочетание (r_i, x) . Однако допускается, что не все команды взаимозаменяемы даже в условиях ограниченности целевой проблемы. Физически это может быть объяснено квалификацией исполнителей работ, умением обращения с техническим обеспечением и использования различного рода аппаратного инструментария при загрузке. Этот фактор математически отражается в установке множества выборок исполнителей допустимых к работе r_i .

Численное решение (2) с ограничением (3) на области X определит минимальный критический путь в сетевом графике с учетом фактического контроля затрат на обслуживание такого плана, что означает максимизацию покрытия рисков по времени. Функция (1) может быть дополнена экспертными стохастическими параметрами, отражающими риски осуществления планов работ. В таком случае модель (1) будет наиболее точно отражать суть среды окружения предприятия, а решение (2) – максимально эффективно экстраполировать структуру сетевого графика.

Алгоритмическое решение поставленных задач требует проведения значительного числа экспертных оценок. Тем не менее, при систематическом накоплении базы знаний, представленный математический аппарат может быть включен в реализацию автоматизированной системы управлением предприятием.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Макаренко М.В., Сидоркович М.А., Оптимизация загрузки транспортных средств при перевозке тарно-штучных грузов / Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-

летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. URL:

<http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section107.html>

2. Барсук И.В. Алгоритм укладки штучных грузов в контейнер/ Технологии информационного общества.— 2011.— №10.— С. 11–15.

3. Грушин Д.А, Кузюрин Н.Н. Задачи оптимизации размещения контейнеров MPI-приложений на вычислительных кластерах / Труды ИСП РАН,— том 29, — вып. 6,— 2017.— С. 229–244.

4. Буценко Е.В. Метод критического пути как критерий оптимизации процесса бизнес-планирования/ Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление.— №3,— 2016.— С. 40–50.