

Лалин Эдуард Самуилович
Свердловский горный институт

К ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ПОТОЧНЫХ ДИСКРЕТНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Резюме. На основе предлагаемого в статье подхода становится возможным при решении задачи определения эффективности вариантов дискретных автоматизированных поточных транспортных систем произвести ее декомпозицию на отдельные типовые узлы и свести процедуру оценки эффективности к решению ряда однотипных, сравнительно простых систем дифференциальных уравнений. При этом для каждого типового узла такой системы в результате моделирования процесса как марковского с пуассоновским законом распределения могут быть получены величины возможных потерь для любого сочетания параметров деформирующих емкостей, интенсивности обслуживания и надежности элементов оборудования узлов поточной транспортной системы. В рассматриваемой постановке увеличение числа вариантов формирования грузопотоков не приводит к существенному увеличению трудоемкости решения задачи. Предлагается в качестве метода оптимизации использовать аппарат динамического программирования, позволяющий минимизировать функции затрат на всех уровнях декомпозиции — от отдельных транспортных узлов до всей ветви грузопотока в целом.

В работе [1] рассмотрена методика оценки эффективности поточных дискретных автоматических систем. Предложено в качестве критерия оптимальности при выборе варианта и основных параметров систем принимать приведенную стоимость затрат, отнесенную к единице времени эксплуатации, и представленную в виде следующей аддитивной функции

$$Z = E_n \bar{C}_k + \bar{C}_3 + \sum_{i=1}^{\ell} (E_n C_{ki} + C_{3i} + \Pi_{1i} + \Pi_{2i} + \Pi_{3i}) \rightarrow \min, \quad (I)$$

где E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

\bar{C}_k, C_{ki} — соответственно стоимость капитальных затрат, не связанных и связанных с транспортированием материала;

\bar{C}_3, C_{3i} — соответственно стоимость эксплуатационных затрат, не связанных и связанных с транспортированием материала;

Π_{1i} — стоимость затрат, связанных с восстановлением системы грузопотока после возникновения в ней неисправностей;

Π_{2i}, Π_{3i} — соответственно стоимости потерь в объеме производства, являющихся результатом недостаточной надежности автоматизированного транспортного оборудования и ограниченного его запаса по производительности, вводимого для компенсации случайных колебаний количества транспортируемого материала;

ℓ — число ветвей грузопотока.

Величина $\Pi_{1i}, \Pi_{2i}, \Pi_{3i}$ зависит от законов распределения входящего в

ветвь и выходящего из ветви грузопотоков.

При минимизации выражения (1) должны соблюдаться следующие ограничения:

$$\begin{aligned} \mu_i &\geq \lambda_i; \\ \sum_{i=1}^p \lambda_i &= \lambda, \end{aligned} \quad (2)$$

где λ_i – интенсивность поступления материала в i -ю ветвь;

μ_i – интенсивность выборки материала из аккумулирующей емкости i -й ветви;

λ – средняя интенсивность транспортирования материала на предприятии.

При определении варианта транспортировки материала и выборе состава транспортного оборудования должна быть решена оптимизационная задача с критерием (1) и ограничением (2). Анализ поставленной задачи позволяет выявить следующие аспекты, подлежащие оптимизации:

- технологию подготовительных и основных операций предприятия;
- количество линий транспортировки;
- среднюю производительность каждой линии;
- параметры аккумулирующих емкостей;
- требования к производительности подсистем, участвующих в транспортировке.

Сформулированная задача принадлежит классу частично целочисленных задач нелинейного программирования. В настоящее время не существует единого подхода к решению такого класса задач. Считается рациональным использование имитационных моделей, однако, разработанные универсальные алгоритмы не обеспечивают в ряде случаев высокой эффективности и приемлемости решения. Особенно существенно это проявляется при увеличении числа переменных, подлежащих оптимизации, что вызывает рост размерности модели, увеличение времени решения. В рассматриваемой задаче наиболее перспективным следует считать путь решения, предполагающий декомпозицию оптимизационной модели на ряд простых, число переменных в которых может быть существенно уменьшено.

Рассмотрим следующий вариант декомпозиции. На первом этапе, используя аддитивный вид критерия и ограничений, для каждой ветви грузопотока решается своя оптимизационная задача вида

$$Z_i = E_H C_{ki} + C_{zi} + P_{1i} + P_{2i} + P_{3i} \rightarrow \min, \quad \mu_i \geq \lambda_i. \quad (3)$$

Ветви транспортирования материала от места его изготовления и подготовки к отгрузке до места складирования могут быть условно представлены в виде (рис.1)

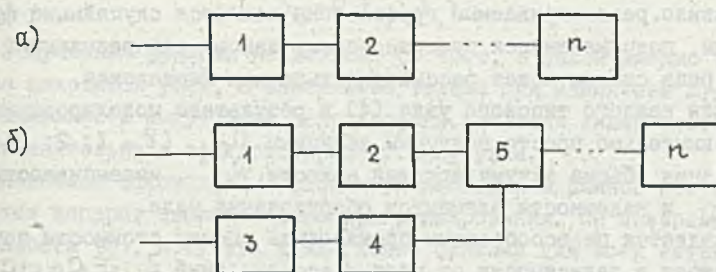


Рис. I. Функциональные структуры ветвей грузопотока
 Рис. 1. Funktional structure of flow transport lines

Очевидно, что пропускная возможность ветви типа а) определяется узлом с минимальной пропускной способностью. При ее расчете входным потоком для каждого последующего узла является интенсивность прохождения материала через предыдущий узел. Интенсивность потерь равна сумме интенсивностей потерь в каждом узле. При достаточно низкой величине времени простоя каждого узла (а именно такими и должны быть проектируемые автоматизированные транспортные линии) расчет производительности можно проводить изолированно для каждого из них, пренебрегая взаимным влиянием узлов друг на друга. В противном случае такие расчеты целесообразно проводить итерационными методами.

Для ветви типа б) пропускная способность определяется отдельно для ответвлений 1-2; 3-4, а затем для участка ветви 5-n с интенсивностью входного потока, равного сумме интенсивностей потоков в участках 1-2 и 3-4 (также при достаточно малой величине потерь в каждом узле).

Анализ ветвей грузопотока (рис. I, а, б) показывает, что любая из них может быть разбита на типовые узлы вида

$$R^{j-1} \rightarrow E^j \rightarrow R^j, \quad (4)$$

где R^{j-1} - грузопоток подающей подсистемы;
 E^j - аккумулирующий бункер;
 R^j - грузопоток выбирающей подсистемы.

Затраты на сооружение ветви транспортной системы и стоимости потерь в объеме производства складываются из соответствующих величин, характеризующих отдельные узлы. Следовательно, может быть проведен следующий уровень декомпозиции, и задача (3) разбивается на ряд еще более простых:

$$\begin{aligned} Z_{ij} = E_n C_{kij} + C_{zij} + P_{1ij} + P_{2ij} + P_{3ij} \rightarrow \min, \quad \mu_i \geq \lambda_i; \\ \mu_i = m_j n (\mu_{ij}), \end{aligned} \quad (5)$$

где μ_{ij} - производительность j -го узла i -й ветви.

Как правило, рассматриваемые грузопотоки являются случайными функциями времени, подчиняющимися пуассоновскому закону распределения, и модель такого рода систем может рассматриваться как марковская.

Тогда для каждого типового узла (4) в результате моделирования могут быть сравнительно просто получены величины $\Pi_{\ell ij}$ ($\ell = 1; 2; 3$) для любого сочетания объема аккумулирующей емкости W_{ij} , интенсивности обслуживания μ_{ij} и надежности элементов оборудования узла.

Представляется целесообразным производить оценку стоимости потерь и стоимости затрат в зависимости от уровня ассигнований $Z_{ij} = E_n C_{kij} + C_{\Sigma ij}$. Анализ работы целого ряда предприятий с гибкими автоматизированными транспортными линиями свидетельствует о том, что эти зависимости могут быть идентифицированы. Их общий вид представлен на рис.2.

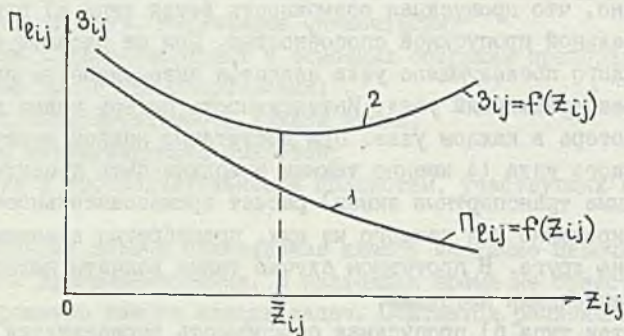


Рис.2. Общий вид зависимостей стоимости затрат и стоимости потерь от уровня ассигнований
Fig.2. General dependence of expenditures and losses on the level of funding

Кривая 2 имеет экстремум, и при наличии зависимости Z_{ij} от производительности узла и объема аккумулирующей емкости появляется возможность получения оптимального решения, которое является единственным. Решая систему (5) для $Z_{ij} \in (Z_{ij}^{\min}, \bar{Z}_{ij})$, можно получить зависимости величин W_{ij} и μ_{ij} от уровня ассигнований на i -й узел.

Величина Z_{ij}^{\min} складывается из величин стоимости строительства и эксплуатации бункера минимального размера $Z_{ij}^{\min 1}$ и стоимости строительства и эксплуатации выбирающей системы минимальной производительности $Z_{ij}^{\min 2}$. Эти величины могут быть определены из условия $W_{ij} = \lambda_i \cdot T_{\mu ij}$ ($T_{\mu ij}$ - время цикла выбирающей из бункера подсистемы). Расширением решаемой задачи является варьирование в пределах от 0 до λ . После проведения комплекса исследований на модели функционирования узла может быть найдена зависимость

$$Z_{ij} = f(Z_{ij}, \lambda_i). \quad (6)$$

Полученные функции не зависят от того, в какой именно ветви грузопотока находится узел, а изменяются только при изменении Z_{ij} и λ_i . Эти зависимости могут быть использованы для всех линий доставки материала применительно к соответствующему типу узла.

Наиболее эффективным методом оптимизации в данной постановке задачи является аппарат динамического программирования. Он позволяет, используя зависимости (6), получить аналогичные функции для всей ветви грузопотока в целом. Найдя зависимость Z_i для i -й ветви, ее используют для получения показателя (I), находят общие затраты в рассматриваемых вариантах транспортирования материала, формулируют требования к оптимальным величинам грузопотока каждой ветви. В результате производится оценка вариантов и в каждом из них определяются необходимые объемы аккумулирующих емкостей и номинальные производительности оборудования каждого узла транспортной системы.

Необходимо отметить, что в такой постановке увеличение числа вариантов систем транспортирования материалов не приводит к существенному увеличению трудоемкости решения задачи. Это обуславливается, во-первых, использованием полученных соотношений Π_{eij} для типовых узлов во всех вариантах и, во-вторых, возможностью применения полученных зависимостей Z_i для одной ветви грузопотока к другим аналогичным ветвям остальных вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лапин Э.С., Симкин М.А. Методика оценки эффективности поточных дискретных автоматических систем // Автоматизация дискретных процессов в промышленности: Труды УІ международной конференции. - Гливице (ПНР), 1988. - С.63-68.

Recenzent: Prof.dr inż.H.Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

ON THE PROBLEM OF CHOOSING THE PARAMETERS OF DISCRETE AUTOMATIC FLOW SYSTEMS

Summary

The approach proposed in this paper permits the problem of estimating the efficiency of various discrete automatic transport flow systems to be decomposed into separate standard units and the efficiency estimating procedure to be reduced to the solution of a series of uniform, comparatively simple differential equations. By modelling the process as a Markovian one with Poisson distribution, estimates of possible losses can be obtained for any combination of the parameters of damping storage facilities, intensity of servicing and reliability of the units of a flow transport system equipment. For this approach, an increase in the number of the variants of formation of cargo traffics does not bring about any substantial increase in the difficulty of problem solving.

Dynamic programming is suggested as a method of optimization permitting cost functions to be minimized at all levels of decomposition - from separate transportation units to the entire transport line.

O ZAGADNIENIU WYBORU PARAMETRÓW DYSKRETYCH SYSTEMÓW POTOKOWYCH

Streszczenie

Przedstawione w artykule podejście umożliwia dekompozycję dyskretnych zautomatyzowanych potokowych systemów transportowych na oddzielne węzły. Pozwala to sprowadzić procedurę oceny efektywności do rozwiązywania prostych układów równań różniczkowych. Jako metodę optymalizacji zaproponowano wykorzystanie aparatu programowania dynamicznego, co pozwala minimalizować funkcje strat na wszystkich poziomach dekompozycji.