

СВЕДЕНИЕ ОДНОФАЗНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА В L1-НОРМЕ

Хлестов Д.А., Савенкова Н.П., Мокин А.Ю.

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, факультет ВМК

В работе представлена однофазная модель, позволяющая вычислить материальный баланс в L_1 -норме на направленном графе производства. В модели все участки производства являются вершинами графа, а ребра графа отражают инфраструктуру, по которой перемещается промежуточная продукция. Каждое ребро характеризуется количеством вещества, прошедшим по нему за расчетный период времени. Некоторые потоки продукции являются измеренными. Часть из них измерена точно. Для каждого потока, измеренного с погрешностью, задан доверительный интервал, которому принадлежит точное значение.

В основе математической постановки задачи находятся соотношения материального баланса, которые заключаются в том, чтобы на каждой вершине графа суммарный входящий поток продукции равнялся суммарному исходящему потоку. Эти соотношения приводят к СЛАУ вида

$$A\bar{q} = \bar{f}, \quad (1)$$

в правой части которой находятся величины потоков, измеренных точно.

Система уравнений (1) дополнена двойными неравенствами

$$\bar{q}_{\min} \leq \bar{q} \leq \bar{q}_{\max}, \quad (2)$$

которые учитывают пропускную способность инфраструктуры предприятия, а также отражаются известные доверительные интервалы потоков, измеренных приближенно. Задача сведения материального баланса заключается в минимизации L_1 -нормы разности расчетных значений потоков и измеренных значений при соблюдении ограничений вида (1) и (2), то есть в минимизации функционала вида

$$J(\bar{q}) = \sum_{i \in Q} |q_i - q_i^*|, \quad (3)$$

где Q - множество номеров измеренных потоков продукции, q_i - расчетные значения потоков, q_i^* - соответствующие измеренные значения.

Особенность задачи заключается в том, что L_1 -норма не обладает производной и не позволяет использовать методы минимизации градиентного типа. В работе с помощью введения новых переменных эта задача сведена к задаче линейного программирования, которая решена симплекс-методом с высокой точностью.

Литература.

1. Н.П. Савенкова [и др.]. Математическое моделирование календарного планирования непрерывного производства / М. : МАКС Пресс, 2021. С. 184