Д. Х. Девятов, С. И. Файншт ейн, А. Б. Белявский, В. Е. Торчинский (Магнитогорск, МГТУ). **Эвристическая оптимизационная модель для некоторого класса NP-полных задач разбиения с ограничениями.**

Введение. Предложенная модель позволяет преобразовать некоторый класс NP-полных задач с ограничениями к задаче безусловной оптимизации. Это достигается путем замены ограничений на штрафную функцию, а также начислению премий за следование внешним критериям оптимизации. Величины штрафов и премий, а также ряд дополнительных параметров являются настроечными константами, позволяющими настраивать эвристический пороговый SF-алгоритм под реальные данные и оперативно менять критерии оптимизации. Наши исследования [1]–[3] показали, что предложенная модель позволяет решать широкий класс задач оперативного планирования, возникающих при производстве, складировании и отгрузке листопрокатной продукции на крупных металлургических предприятиях.

Общая задача упорядоченного разбиения с ограничениями.

Условие. Дано конечное множество A. Каждый элемент $a \in A$ имеет целую положительную длину $l(a)$ и k целых положительных характеристик $\langle g_1(a), g_2(a), \ldots, g_k(a)\rangle$, $k \geqslant 2$. Также задано ограничение на суммарную длину $L_0 \in Z^+$ и два вектора целых положительных ограничений $\langle D_1^1, \ldots, D_k^1\rangle$, $\langle D_1^2, \ldots, D_k^2\rangle$. На множестве A задано несимметричное бинарное отношение β, $\beta(a_i, a_j) = 0$, если a_i и a_j совместимы, иначе 1.

Вопрос. Существует ли разбиение множества A на m попарно непересекающихся упорядоченных множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$, $m \geqslant 1$, со следующими ограничениями: ограничением на суммарную длину элементов множеств A_j, $j = 1, \ldots, m$: 1) $\sum_{i=1}^{\mathrm{count}}(j) l(a_i^j) \leqslant L_0$, где $\mathrm{count}(j)$ — количество элементов множества A_j; ограничениями на порядок следования элементов внутри множеств A_j: 2) $-D_r^2 \leqslant g_r(a_{i+1}^j) - g_r(a_i^j) \leqslant D_r^1$; 3) $\beta(a_i^j, a_{i+1}^j) = 0$, где $i = 1, \ldots, \mathrm{count}(j) - 1$, $j = 1, \ldots, m$, $r = 1, \ldots, k$. Эта задача и все ее важные частные случаи являются NP-полными [2].

Задача безусловной оптимизации. Заменим ограничения 1)–3) системой целых положительных штрафов: $VeryBigF$ — штраф за превышение допустимой суммарной длины последовательности, F_r^i — штрафы за превышение допустимой разности характеристик пары соседних элементов, F_0 — штраф за их несовместимость, $i = 1, 2$; $r = 1, \ldots, k$. Тогда стоимость $f(u)$ разбиения u равна сумме штрафов по всем параметрам разбиения, и $f(u) = 0$, если ни одно из ограничений не было нарушено. Таким образом, исходная задача с ограничениями преобразуется к задаче безусловной оптимизации: $f(u) \to \min$, где $u \in U$, U — пространство всевозможных разбиений множества A.

Эвристический пороговый SF-алгоритм (Sorted Fines-algorithm). В качестве алгоритма минимизации целевой функции используется эвристический пороговый алгоритм с выделенной настроечной константой $MinCut$, имеющей смысл стоимостного предела размещения в текущем решении нового элемента или отсортированной последовательности элементов. Значение $MinCut$ на каждой итерации алгоритма равно значению одного из штрафов и постепенно увеличивается от величины минимального штрафа до некоторого стоимостного предела. Отсортированные в порядке возрастания значения штрафы играют роль естественных энергетических уровней, позволяющих алгоритму выходить из «ловушек» локальных оптимумов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Девятов Д. Х., Файнштейн С. И., Тутарова В. Д., Калитаев А. Н.* Оперативное планирование отгрузки готовой продукции со складов металлургических предприятий. — Мехатроника, автоматизация, управление, 2008, № 4, с. 36–40.
2. *Девятов Д. Х., Файнштейн С. И., Белявский А. Б., Торчинский В. Е.* Эври-

стическая оптимизационная модель для некоторого класса NP-полных задач с ограничениями, возникающих в листопрокатном производстве. — Информационные технологии, 2009, № 8 (в печати).

3. *Каплан Д. С., Девятов Д. Х., Белявский А. Б., Файнштейн С. И., Торчинский В. Е.* Алгоритм оперативного планирования посада металла в печи листопрокатного стана. — Сталь, 2007, № 2, с. 130–133.