

# ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ, НАЗНАЧЕНИЯ И ВЫБОРА ПОЕЗДНЫХ МАРШРУТОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ЗАТРАТ

**Баймухамедова Г. С.** канд. экон. наук, доцент каф. Экономики, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. И.Тынышпаева  
050012, РК, г. Алматы, ул. Шевченко, 97. Контактный телефон: (727) 292-18-95

Статья посвящена разработке методов интеллектуальной поддержки принятия решений на этапе внедрения распределенных автоматизированных систем управления движением поездов. Принятие решений осуществляется в результате оптимизации задачи выбора поездных маршрутов. Предложенная модель оптимизации систем автоматизированного управления, основанная на одновременном решении задач размещения, назначения и выбора маршрута, обеспечивает интеллектуальную поддержку принятия решений в системах управления движением поездов.

**Ключевые слова:** оптимизация, система управления, принятие решений, оптимизационная модель, поездные маршруты.

Оптимизация распределенных систем производится на основе совместного решения задач размещения, назначения и выбора маршрута по критерию минимума затрат на реализацию строительно-монтажных работ и последующих эксплуатационных расходов:

$$F(x, y, z) = \sum_{i=1}^{n1} c_{1i}(x) + \sum_{i=1}^{n2} c_{2i}(y) + \sum_{i=1}^{n3} c_{3i}(z) + \sum_{i=1}^{n4} c_{4i}(x) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $x, c_{1i}, c_{4i}$  - вариант размещения блоков первичной обработки информации и соответствующие затраты на производство и эксплуатацию;

$y, c_{2i}$  - вариант соединения объектов контроля с блоками первичной обработки информации и соответствующие затраты;

$z, c_{3i}$  - вариант соединения блоков первичной обработки информации и соответствующие затраты.

Оптимизация распределенных систем сбора и первичной обработки информации осуществляется на основе генетических алгоритмов, применение которых обусловлено большим пространством поиска, мультимодальностью и многомерностью целевой функции, отсутствием необходимости строгого нахождения глобального оптимума [1].

Пространство поиска определяется количеством вариантов подключения  $m$  объектов контроля ( $m=K \cdot b$ ) к  $K$  блокам первичной обработки сигналов

$$N = \prod_{i=0}^{K-1} C_d^b, \quad (2)$$

где  $K$  - количество блоков первичной обработки сигналов;

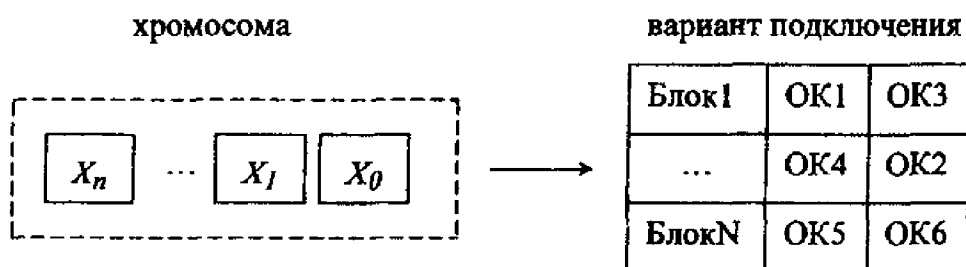
$b$  - количество входов блока первичной обработки сигналов;

$d=K-b-(b-i)$ .

Вариант размещения блоков первичной обработки сигналов и вариант назначения им объектов контроля определяется двоичной хромосомой [2]. Хромосома состоит из нескольких частей. Каждая часть хромосомы задает вариант подключения объектов контроля к свободному месту  $n$ . Длина первой и второй частей хромосомы  $l_1$  и  $l_2$  определяются, исходя из соотношений

$$2^{l_1} \geq C_m^b, 2^{l_2} \geq C_{m-b}^b. \quad (3)$$

Вариант подключения объектов контроля к свободному месту  $n$  однозначно задается предыдущими частями хромосомы и поэтому не кодируется.



**Рис. 1. Соответствие варианта подключения двоичной хромосоме**

Фитнес-функция определяется как сумма затрат на реализацию строительно-монтажных работ и последующих эксплуатационных расходов.

Метод оптимизации распределенных систем на основе совместного решения задач размещения, назначения и выбора маршрута состоит из следующих частей:

1. Выбирается текущий объект контроля.
2. Выбирается текущее место для установки блока первичной обработки сигналов.
3. Определяются возможные варианты соединения объекта контроля и места для установки блока первичной обработки сигналов.
4. Рассчитываются затраты для каждого варианта соединения и выбирается вариант с минимальными затратами.
5. Шаги 1-4 повторяются для всех объектов контроля и мест для установки блоков первичной обработки.
6. Формируется хромосома, определяющая вариант размещения блоков первичной обработки сигналов и вариант назначения объектов контроля.
7. Определяется маршрут соединения блоков первичной обработки сигналов с минимальной длиной и вычисляются затраты на его реализацию.
8. Шаги 6-7 повторяются до окончания формирования популяции.
9. Для формирования новой популяции выполняются операции отбора, скрещивания и мутации.
10. Вычисляется фитнес-функция, которая учитывает затраты на установку блоков первичной обработки сигналов, подключение объектов контроля, соединение блоков первичной обработки сигналов, а также эксплуатационные расходы.
11. Повторяются шаги 9-10 для всех особей.
12. Шаги 9-11 повторяются до выполнения максимального количества циклов.

После расположения оборудования необходимо проверить правильность выполнения управляющих функций системы. Для решения задачи выбора последовательности проверки управляющих функций автоматизированных систем также используются генетические алгоритмы.

Количество поездных маршрутов на станции складывается из маршрутов приема, отправления, передачи с пути на путь и маршрутов сквозного пропуска:

$$n = \sum_{i=1}^b ((P_{mi} P_k) + (P_k P_{qi}) + (P_{mi} P_k P_{qi})), \quad (4)$$

где  $n$  - количество маршрутов на станции;  
 $b=2$  - количество направлений движения (четное и нечетное);  
 $P_{mi}$  - количество подходов к станции с направления  $i$ ,  
 $P_k$  - количество путей на станции,  
 $P_{qi}$  - количество путей движения от станции в направлении  $i$ .

Таким образом, даже для станции с поперечным расположением горловин, имеющей 3 пути, количество поездных маршрутов будет равно 18, что соответствует пространству поиска  $6,4 \cdot 10^{15}$ .

Общее время проверки всех маршрутов движения поездов по станции можно уменьшить, если задавать маршруты в заранее определенной последовательности. Для этого требуется найти такой вариант задания всех возможных маршрутов, чтобы суммарное время задания маршрутов было минимальным.

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $T$  - общее время проверки всех маршрутов;  
 $n$  - количество маршрутов на станции;  
 $T_i$  - время проверки маршрута  $i$ .

Время задания маршрута зависит от количества переводимых стрелок  $F_i$ , времени воздействия на электрическую централизацию при переводе стрелки  $t_{(эц-пс)}$ , времени перевода стрелки  $t_{(пс)}$ , количества элементарных маршрутов  $D_i$ , времени воздействия на электрическую централизацию при задании маршрута  $t_{q(эц-м)}$ , времени открытия светофора  $t_{q(c)}$  и определяется формулой

$$T_i = \sum_{j=1}^{F_i} (t_{j(эц-пс)} + t_{j(пс)}) + \sum_{q=1}^{D_i} (t_{q(эц-м)} + t_{q(c)}). \quad (6)$$

Из всех перечисленных составляющих изменить можно только количество переводимых стрелок. Проверку правильности реализации маршрутов необходимо производить с переводом всех стрелок, входящих в маршрут. Поэтому перед заданием маршрута необходимо перевести все стрелки, входящие в маршрут, в противоположное положение (по отношению к используемому в маршруте).

Количество переводимых стрелок  $F_i$  при проверке задания маршрута зависит от количества стрелок  $E_i$ , переводимых перед заданием маршрута, количества стрелок  $P_i$ , переводимых во время задания маршрута, и

определяется формулой

$$F_i = \sum_{j=1}^{E_i} C_j + \sum_{j=1}^{P_i} K_j, \quad (7)$$

где  $C_j$  - количество переводов стрелки  $j$  до задания маршрута;  
 $K_j$  - количество переводов стрелки  $j$  при задании маршрута.

Количество переводов  $C_j$  равно 0, если стрелка не участвует в маршруте. Количество переводов равно 1, если начальное положение стрелки равно положению стрелки в маршруте. Количество переводов равно 2, если начальное положение стрелки равно положению стрелки в маршруте и стрелка является спаренной.

Количество переводов  $K_j$  равно 0, если стрелка  $j$  не участвует в маршруте, равно 1, если стрелка участвует в маршруте и равно 2, если спаренная стрелка участвует в маршруте.

Состояние стрелки  $j$  после проверки маршрута  $i$  определяется выражением

$$S_{i,j} = \begin{cases} S_{i-1,j} \\ SM_{i,j} \end{cases}, \quad (8)$$

где  $S_{i-1,j}$  - состояние стрелки  $j$  после проверки маршрута  $i$ ;  
 $SM_{i,j}$  - состояние стрелки  $j$  в маршруте  $i$ .

Если стрелка не участвует в маршруте, то она сохраняет предыдущее состояние  $S_{i-1,j}$ . Если стрелка участвует в маршруте, то она переводится в состояние, соответствующее проверяемому маршруту  $SM_{i,j}$ .

Фитнес-функция рассчитывается как сумма количества переводов стрелок при проверке всех маршрутов. В базе данных находится информация о типах стрелок, их положении в проверяемом маршруте, а также информация о текущем состоянии стрелок. До начала расчета в базу данных заносится начальное положение стрелок. На основе информации, хранящейся в базе данных, вычисляется новое состояние и количество переводов стрелок.

Метод оптимизации последовательности задания маршрутов при проверке правильности реализации управляющих воздействий во время проведения пусконаладочных работ автоматизированных систем контроля и управления реализован в виде программы и состоит из следующих шагов:

1. Фиксируется начальное положение стрелок.
2. На основании данных о количестве маршрутов производится расчет длины хромосомы.
3. Формируется начальная популяция.
4. Текущему положению стрелок присваивается начальное состояние.
5. Текущей хромосоме присваивается значение первой хромосомы.
6. Текущему маршруту присваивается значение первого маршрута, определяемого из текущей хромосомы.
7. Исходя из текущего состояния стрелок и номера текущего маршрута, вычисляются:
  - количество переводов стрелок для проверки текущего маршрута;
  - новое текущее состояние стрелок.
8. Текущему маршруту присваивается значение следующего маршрута.
9. Шаги 7-8 повторяются для всех маршрутов, описанных текущей хромосомой.
10. На основании количества переводов стрелок осуществляется вычисление значений фитнес-функции.
11. Текущей хромосоме присваивается значение следующей хромосомы из популяции.
12. Шаги 6-11 повторяются для особей всей популяции.
13. Популяция подвергается операциям селекции, скрещивания и мутации.
14. Если количество итераций не превысило установленный предел, то осуществляется переход к пункту 5.
15. Из популяции выбирается особь, имеющая максимальное значение фитнес-функции.

В заключение следует отметить, что предложенная модель оптимизации систем автоматизированного управления, основанная на одновременном решении задач размещения, назначения и выбора маршрута, обеспечивает интеллектуальную поддержку принятия решений в системах управления движением поездов.

#### Список литературы

1. Орлов Г.В. Определение наилучшей последовательности проверки маршрутов движения поездов по станции на основе генетических алгоритмов. // Актуальные проблемы развития технических средств и технологий ж.-д. автоматики и телемеханики: Междунар. межвуз. сб. науч. тр. - Ростов н/Д: РГУПС, 2003. -С. 105-109.
2. Каменский В.В. Определение оптимального варианта подключения объектов контроля, управления и измерения к блокам ввода и вывода сигналов диспетчерской централизации с распределенными контролируемыми пунктами / В.В. Каменский // Перспективные технологии и технические средства управления движением поездов на ж.-д. транспорте: Междунар. межвуз. сб. науч. тр. — Ростов н/Д: РГУПС, 2000. — С. 117—120.