

переходном процессе. Именно поэтому возникает проблема координации: как организовать взаимодействие между Транспортными управлениями всех видов собственности, чтобы их автономно функционирующая деятельность была бы направлена на достижение общих целей, стоящих перед всей транспортной системой города. В связи с этим и ставится задача исследования процессов координации в двухуровневой системе, состоящей из координирующего органа на верхнем уровне и ряда Транспортных управлений на нижнем уровне, которые взаимодействуют друг с другом только через координирующий орган.

Изучение задачи координации в двухуровневой системе позволило сфокусировать внимание на таких важных аспектах, как различная частота решения задачи управления у координирующего органа и Транспортных управлений, агрегирование информации, передаваемой Транспортными управлениями координирующему органу, соотношение между целями координирующего органа и Транспортных управлений. С учетом этих аспектов предложена процедура координации, при которой для каждого Транспортного управления конструируется задача векторной оптимизации и решение, оптимальное для всей системы, ищется в пределах эффективного множества этой задачи. На основе этой процедуры разработаны безытеративный и итеративный алгоритмы координации.

При безытеративном алгоритме координации осуществляется однократный обмен информацией между уровнями: Транспортные управления передают координирующему органу набор возможных вариантов своей работы, допустимых с точки зрения локальных ограничений и достаточно полно отражающих возможности Транспортных управлений, а координирующий орган определяет варианты, оптимальные для всей системы, и сообщает их Транспортным управлениям. При итеративном алгоритме координации оптимальное решение определяется в ходе многократного обмена информацией между координирующим органом и Транспортными управлениями.

Осуществлена следующая математическая формализация поставленной задачи. Состояние i -го Транспортного управления ($i \in [1; N]$) характеризуется вектором x_i . Вектор x_i удовлетворяет локальным ограничениям, которые записываются в виде

$$x_i \in X_i \subseteq E^n, \quad (1)$$

где X_i - множество в n -мерном евклидовом пространстве.

Особенностью двухуровневой иерархической системы является то, что координирующий орган интересуется не сами переменные x_i , а некоторые показатели работы Транспортных управлений, которые являются функциями переменных x_i . Вектор показателей работы i -го Транспортного управления обозначим через

$$F_i(x_i) = (f_{i1}(x_i), \dots, f_{im_i}(x_i)), \quad i \in [1; N]. \quad (2)$$

Локальные интересы i -го Транспортного управления задаются векторным критерием $\Phi_i(x_i) = (\varphi_{i1}(x_i), \dots, \varphi_{ik_i}(x_i))$. Для определенности считается, что каждое Транспортное управление заинтересовано в увеличении значений всех критериев $\varphi_{ik}(x_i), k \in [1; k_i]$.

Поддержим, что в большинстве случаев число показателей m_i и число критериев k_i намного меньше размерности вектора x_i .

Состояние координирующего органа характеризуется вектором F_0 , компонентами которого являются показатели работы всех Транспортных управлений:

$$F_0 = (F_1, \dots, F_N), \quad \text{где } F_i = F_i(x_i). \quad (3)$$

Вектор F_0 удовлетворяет глобальным ограничениям:

$$F_0 \in X_0 \subseteq E^{m_0}, \quad \text{где } m_0 = \sum_{i=1}^N m_i. \quad (4)$$

Множество X_0 задается системой ограничений

$$X_0 = \{F_0 / H(F_0) \geq b\}, \quad (5)$$

где функция H - некоторая вектор-функция, $b = (b_1, \dots, b_M)$ - вектор-столбец. Задача координирующего органа заключается в максимизации векторного критерия:

$$\Phi_0(F_0) = (\varphi_0(F_0), \dots, \varphi_{0k_0}(F_0)) \rightarrow \max.$$

Вобщем говоря, процесс координации должен происходить при участии лица, принимающего решение (ЛПР) на верхнем уровне. К настоящему времени известно большое число человеко-машинных алгоритмов решения задачи векторной оптимизации. Идея большинства из этих алгоритмов заключается в том, что в ходе диалога с ЭВМ конструируется так называемая функция полезности, заданная на множестве показателей F_0 . Далее предполагается, что цель ЛПР заключается в максимизации этой функции полезности. Так как нас интересует в первую очередь проблема согласования целей между координирующим органом и различными Транспортными управлениями, то функция полезности координирующего органа считается заданной на множестве показателей F_0 :

$$H_0(\Phi_0, F_0) = H_0(F_0) \rightarrow \max. \quad (6)$$

Итак, задача координации состоит в решении задачи (1)-(6). При этом оптимальное решение определяется в такой последовательности. На первом этапе Транспортные управления решают локальные задачи векторной оптимизации: $\Phi_i(x_i) = (\varphi_{i1}(x_i), \dots, \varphi_{ik_i}(x_i)) \rightarrow \max, x_i \in X_i$. В результате решения этих задач определяется множество эффективных точек (или множества Парето). На втором