

# МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

**Д. Б. Аркатов**

Ассистент

Кафедра автоматизированных систем  
управления

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: 063-228-38-06

E-mail: denarkatov@gmail.com

*У статті представлена загальна схема функціонування підсистеми координації руху рухомих засобів, описаний принцип вирішення задачі координації руху рухомих засобів на основі взаємодії розроблених алгоритмів, для кожного з яких наведено короткий опис. Дано формальне представлення моделей та методів автоматизації диспетчерського управління*

*Ключові слова: координація руху, конфліктна ситуація, управляючий вплив, алгоритм, формальне представлення, модель*

*В статье представлена общая схема функционирования подсистемы координации движения подвижных средств, описан принцип решения задачи координации движения подвижных средств на основе взаимодействия разработанных алгоритмов, для каждого из которых приведено краткое описание. Дано формальное представление моделей и методов автоматизации диспетчерского управления*

*Ключевые слова: координация движения, конфликтная ситуация, управляющее воздействие, алгоритм, формальное представление, модель*

## 1. Введение

Автоматизация диспетчерского управления является современным и актуальным вопросом для железнодорожного транспорта Украины. Важным звеном в этой проблеме является разработка алгоритмов координации и управления большим количеством подвижных средств (ПС), которые находятся в зоне железнодорожных диспетчерских пунктов. Для таких алгоритмов самым важным требованием является обеспечение безопасности и регулярности движения всей совокупности поездов, а также принятие таких решений, которые были бы оптимальными с экономической точки зрения.

Опыт зарубежных стран показывает, что эффективное решение проблем диспетчеризации на железнодорожном транспорте возможно только с использованием современных информационных технологий [1]. Это обуславливает направление исследований, проводимых в данной научной работе и определяет цели исследования: повышение эффективности принятия решений при оперативном управлении движением на железнодорожном транспорте путем разработки и реализации моделей, методов и информационных технологий координации движения ПС.

Вопросы координируемости иерархических систем рассматривались в трудах Михалеви́ча В. С. [4], Волковича В.Л. [4], Новикова Д. А. [5,7], Буркова В. Н. [5,6], однако нерешенным вопросом является учет интервала времени, в течении которого полученные исходные данные для решения задачи координации остаются актуальными, что накладывает существенные ограничения на алгоритм решения задачи и технологию передачи данных.

Целью данной статьи является описание принципа решения задачи координации движения ПС на основе взаимодействия комплекса алгоритмов, формальное представление моделей и алгоритмов решения задачи координации движения ПС.

## 2. Постановка проблемы

На сегодняшний день железные дороги являются базовой отраслью экономики Украины и основой ее транспортной системы. Из-за постоянно меняющихся потребностей в грузовых и пассажирских перевозках необходимо постоянно осуществлять контроль необходимого количества ПС, которое можно определить осуществляя анализ перевозок.

Информация о расписании железнодорожных перевозок и фактическом количестве ПС, осуществляющих перевозки, является исходной для дальнейших расчетов пропускной способности системы связи и передачи данных автоматизированной системы (АС), что обеспечит выполнение условия актуальности полученных данных и решение задачи координации движения в режиме реального времени. Общая схема функционирования подсистемы координации движения ПС в составе АС «Навигация и управление для железнодорожного транспорта Украины» представлена на рис. 1. Решение задачи координации движения ПС состоит из нескольких этапов, на каждом из которых реализованы алгоритмы, описанные ниже. Схема взаимодействия алгоритмов представлена на рис. 2.

Алгоритм определения числа конфликтующих поездов является начальным этапом решения задачи. Он

позволяет определить те ПС, для которых по различным причинам (нарушение графика движения, технические неисправности и т.д.) не соблюдаются условия бесконфликтности [3, 8].

Алгоритм декомпозиции необходим для уменьшения размерности решаемой задачи с целью уменьшения временного интервала получения данных для формирования управляющего воздействия, уменьшения нагрузки на используемый канал передачи и, как следствие, соблюдения принципов управления в режиме реального времени.

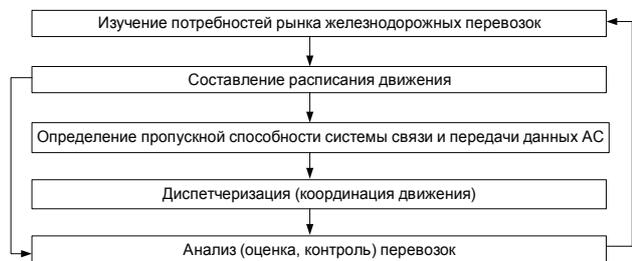


Рис. 1. Схема функционирования подсистемы координации движения ПС

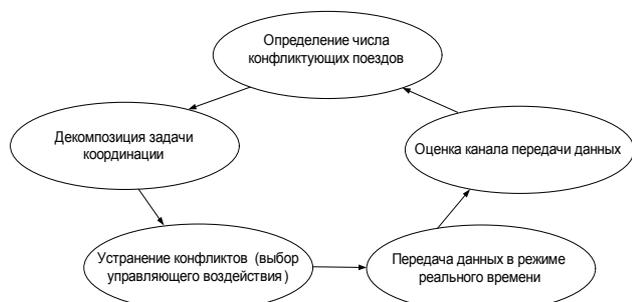


Рис. 2. Принцип решения задачи координации движения ПС

Алгоритм задачи координации движения ПС позволяет выработать такие управляющие воздействия, которые позволяют не только устранить конкретный конфликт, но и обеспечивают выполнение условий бесконфликтности для конкретного подвижного средства в дальнейшем.

Алгоритм передачи данных в режиме реального времени лежит в основе информационного обмена между ПС и сервером базы данных [2]. Технология информационного обмена подсистемы координации движения подвижных средств заключается в

следующем. GPS/GPRS-модем осуществляет прием навигационной информации со спутников, после чего посредством технологии GPRS через сервер оператора мобильной связи на сервер баз данных, передаются координаты, текущая скорость и другая информация. Данные о местоположении ПС передаются на АРМ диспетчера станции, а также на АРМ диспетчера железной дороги.

Определение пропускной способности канала GPRS позволяет предотвратить потери пакетов данных, которые связаны с перегрузкой или занятостью канала при передаче навигационной информации от ПС, а также передачи управляющих воздействий от АРМов диспетчеров.

### 3. Алгоритм задачи координации движения подвижных средств

Пусть в диспетчерской зоне управления находится некоторое множество поездов  $S$ . Для каждого поезда из этого множества, с учетом оперативной информации, определяется расчетное время отправления. Очередность прибытия и отправления поездов множества  $S$  соответствует последовательности элементов множества  $S^*$ . С учетом указанного выше, расчетное время для  $i$ -го поезда обозначим через  $t_i^*$ , где нижний индекс связан с очередностью прибытий и отправления. Блок-схема определения множества конфликтующих поездов приведена на рис. 3. При появлении нового поезда с расчетным временем  $t_x^*$  вначале определяется его очередность прибытия.

Потом осуществляется проверка бесконфликтности движения [3]. Если хотя бы одно из условий бесконфликтности не выполняется, то для  $N$ -го поезда условие безопасности не гарантируется и возникает конфликт. При устранении этого конфликта возможно невыполнение условия бесконфликтности движения для других поездов. Все поезда, для которых определяется конфликт, образуют подмножество  $S_1^* \subset S^*$ .

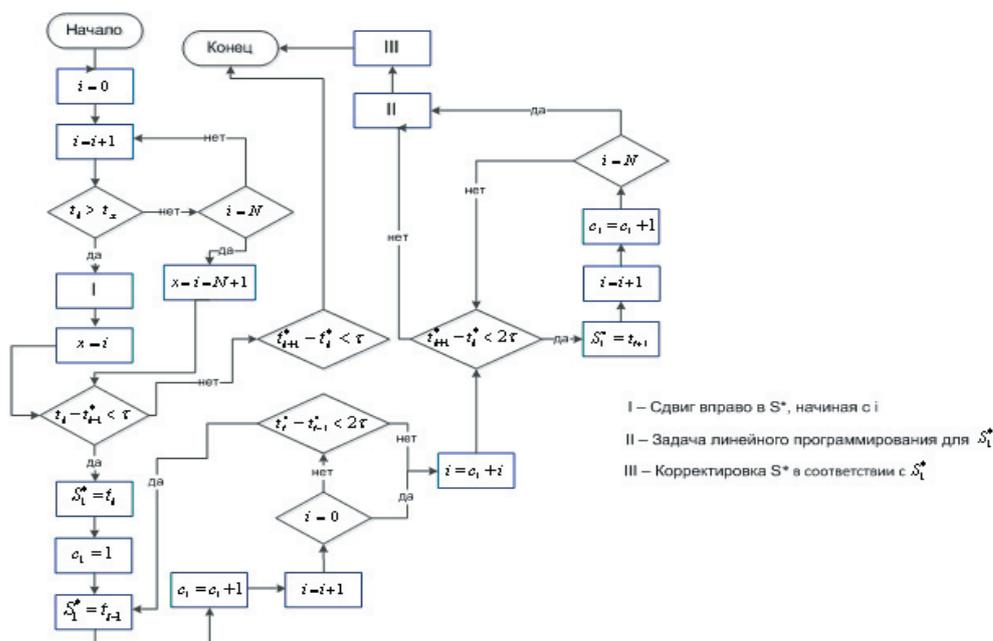


Рис. 3. Алгоритм определения множества конфликтующих поездов

Для поездов этого подмножества решается задача координации действительного времени прибытия или отправления с учетом их безопасности движения на железнодорожных путях. Эта задача состоит в следующем.

Необходимо определить задержки  $\Delta t_j$  для поездов подмножества  $S_1^*$ , которые минимизируют линейную форму

$$F = \sum_{j=i-m_1+1}^{i+n_1-1} c_j |\Delta t_j|, j \in S_1^*, \quad (1)$$

где  $c_j$  – весовые коэффициенты  $j$ -го поезда, которые учитывают себестоимость одного производственного часа для оптимального режима езды поезда. Безопасность движения на железнодорожных путях накладывает на  $\Delta t_j^r$  ограничения, которые имеют вид

$$t_j - \Delta t_j - t_{j-1} \geq \tau, \quad (2)$$

Таким образом, задача определения действительного времени прибытия и отправления поездов сво-

дится к определению  $\Delta t_j$ , которые минимизируют функцию цели (1) при ограничениях (2).

Вводом дополнительных переменных задача сводится к задаче линейного программирования, которую будем решать симплекс-методом.

#### 4. Выводы

Таким образом, в данной статье получены следующие результаты:

1) разработана общая схема функционирования подсистемы координации движения подвижных средств;

2) описан принцип решения задачи координации движения подвижных средств в режиме реального времени;

3) формализован алгоритм определения множества конфликтующих поездов.

Направлением дальнейших исследований является разработка алгоритмического обеспечения системы связи и передачи данных для задачи координации движения подвижных средств.

#### Литература

1. Борушко, Ю. М. «АСУ «Навигация и управление» на основе спутниковых технологий для железнодорожного транспорта» [Текст] / Ю. М. Борушко, С. Б. Семенов, Н. Н. Титов // Спутниковые технологии и системы цифровой связи на службе железных дорог. – М.: ВНИИАС, 2007. – С. 33–37.
2. Аркатов, Д. Б. Постановка задачи «Разработка системы связи и передачи данных автоматизированной системы «Навигация и управление для железнодорожного транспорта Украины» [Текст] / Д. Б. Аркатов, Ю. М. Борушко // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». – Харків: НТУ «ХПИ», 2012 – № 29. – С. 75–83.
3. Аркатов, Д. Б. Синтез моделей координации движения подвижных средств железнодорожного транспорта Украины [Текст] / Д. Б. Аркатов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харків, 2012.–№ 4/3 (58). – С. 58–60.
4. Михалевич, В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем [Текст] / В. С. Михалевич, В. Л. Волкович. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.
5. Бурков, В. Н. Введение в теорию управления организационными системами [Текст] / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
6. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: Синтез, 1999. – 128 с.
7. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
8. İsmail Şahin, Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 33, Issue 7, September 1999, Pages 511-534, ISSN 0191-2615, 10.1016/S0191-2615(99)00004-1.

#### Abstract

*Automating the management of railway traffic has become a modern and important issue. An important element of this problem is the development of algorithms for supervisory control subsystem of many trains that are in the area of railway control centers. The developed subsystem will increase the efficiency of the dispatch process, which is the first model to be applied, and data processing methods to solve the problem of coordination of mobile assets movement in real-time. The solution to this problem is based on the theoretical and methodological aspects of the theory of decision-making, namely the problem of coordinated hierarchical systems. This article defines the principles of the solution of the coordination of movement of mobile assets in real-time. A general algorithm based on the coordination of the collection and processing of navigation data, the algorithm definition of conflicting trains is developed. The results will be implemented in the coordination subsystem of intellectual ground complex automated system "Navigation and Control for Railway Transport of Ukraine"*

**Keywords:** automation management, mobility aid, coordination, decision making, navigation data, algorithm, real-time mode