

А. А. Бардась, доцент кафедры «Станции и узлы», к.т.н.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Методы интеллектуальных систем в задачах оперативного управления на сортировочных станциях

Аннотация

В статье описана модель выбора очередности расформирования поездов на сортировочных станциях, использующая данные автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом.

Введение

Сортировочные станции являются главными опорными пунктами по организации вагонопотоков на сети железных дорог. Значительную часть времени своего оборота, вагоны находятся именно на сортировочных станциях – как под выполнением различных технологических операций, так и в ожидании их выполнения. Отсюда возникает множество возможностей для сокращения простоя вагонов и подвижного состава, уменьшения потребления топлива и в результате – уменьшения эксплуатационных расходов железных дорог. Реализовать указанные возможности помогает оперативное управление работой сортировочных станций, которое подразумевает решение множества оптимизационных задач. К таким задачам, например можно отнести корректировку плана формирования поездов, выбор специализации путей сортировочного парка, выбор очередности расформирования поездов (ВОРП) и т.д. Информационной базой решения указанных задач являются данные из автоматизированных систем управления железнодорожными перевозками.

Одной из наиболее важных составляющих информационного обеспечения решения задач оперативного управления является прогноз прибытия поездов на сортировочную станцию. Точность прогнозирования движения поездов в значительной степени определяет возможность практического применения различных рычагов воздействия на технологические процессы сортировочной станции. К примеру, эффективное управление очередностью расформирования поездов возможно при средней ошибке прогнозирования не более величины горочного технологического интервала. В связи с этим в настоящее время на железных дорогах Украины некоторые задачи оперативного управления, в том числе и задача ВОРП, не нашли своего практического применения.

Рассмотрим использование данных прогноза прибытия поездов на примере решения задачи ВОРП.

Постановка задачи выбора очередности расформирования поездов.

Для решения задачи ВОРП необходимо располагать следующими исходными данными:

- прогноз прибытия поездов на станцию;
- сведения о составах поездов, поступающих в расформирование (в объеме ТГНЛ);
- сведения о наличии вагонов по назначениям плана формирования поездов на путях сортировочного парка;

- текущее состояние путей всех парков сортировочной станции;
- нормы времени выполнения технологических операций на станции;
- емкость в условных вагонах сортировочных путей;
- сведения о наличии поездных локомотивов, готовых к подаче под поезда своего формирования.

Каждый вариант обработки поездов будем характеризовать выбранной очередностью расформирования $X^{(t)} = \{N_1, N_2, \dots, N_k\}$, где N_1, N_2, \dots, N_k – номер поезда, расформировываемого, соответственно, первым, вторым, k -м; t – номер очередности расформирования поездов, $t = 1 \dots k!$. Все множество очередностей обозначим как $X = \{X^{(t)}\}$.

Задача ВОРП сводится к поиску такой последовательности расформирования поездов, которая минимизирует общие эксплуатационные расходы сортировочной станции:

$$C(X^{(t)}) = C_{вч} + C_{пч} + C_{лч} + C_{ман} \rightarrow \min_{\forall X^{(t)} \in X} \quad (1)$$

где $C_{вч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем вагонов на станции;

$C_{пч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем поездов по неприему на станцию;

$C_{лч}$ – эксплуатационные расходы, связанные с простоем локомотивов на станции;

$C_{ман}$ – эксплуатационные расходы, связанные с дополнительной маневровой работой, вызванной изменением очередности расформирования поездов.

Стохастическая модель выбора очередности расформирования поездов

Для возможности практического применения задачи ВОРП необходимо решить ряд проблем, связанных с неточностью исходных данных. В работе [1] отмечается, что все практические работы по АСУ должны учитывать известную недостоверность прогноза ожидаемого времени прибытия поездов. Такая модель была описана в работах [2-5]. Модель ВОРП представляется в виде 2-х этапной задачи стохастического программирования.

Пусть $\{\theta_i\} = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_f\}$ – множество возможных состояний системы "Станция – Прилегающие участки", которая определяется возможными моментами подхода поездов к станции – $\theta_i = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$. Множество $\{\theta_i\}$ формируется на основе статистических данных о точности прогноза прибытия поездов. Вероятность $P(\theta_i)$ каждого состояния известна.

Учитывая возможность отклонения фактического прибытия поездов от прогноза, получаем целевую функцию задачи ВОРП на основе модели стохастического программирования:

$$\dot{C}(X^{(t)}) = \sum_{i=1}^f (C(X^{(t)}; \theta_i) \cdot P(\theta_i)) \longrightarrow \min_{\forall X^{(t)} \in X}, \quad (2)$$

где $C(X^{(t)}; \theta_i)$ – общие эксплуатационные расходы на реализацию очередности расформирования $X^{(t)}$ в условиях θ_i .

Постановка задачи ВОРП на основе задачи стохастического программирования значительно увеличивает объемы расчетов. Поскольку управление очередностью расформирования осуществляется в оперативных условиях, то ситуация задержки обработки поездов из-за ожидания окончания расчетов является недопустимой. В связи с этим есть необходимость разработать меры, направленные на сокращение размерности задачи ВОРП.

Одним из путей решения поставленной задачи является декомпозиция задачи и разбивка графа вариантов очередности расформирования на отдельные менее громоздкие процессы (см. рис. 1). С этой целью граф вариантов очередности роспуска разделяем на два этапа – граф вариантов первого этапа глубиной k_1 составов, и граф вариантов второго этапа глубиной k_2 составов, которые являются продолжением ветвей графа вариантов первого этапа. Количество вариантов графа первого этапа составляет $\frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$, тогда

количество графов второго этапа составляет также $\frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$, количество вариантов каждого графа второго этапа определяется как $k_2!$. Общее количество вариантов совместного дерева составляет $(k_1 + k_2)!$.

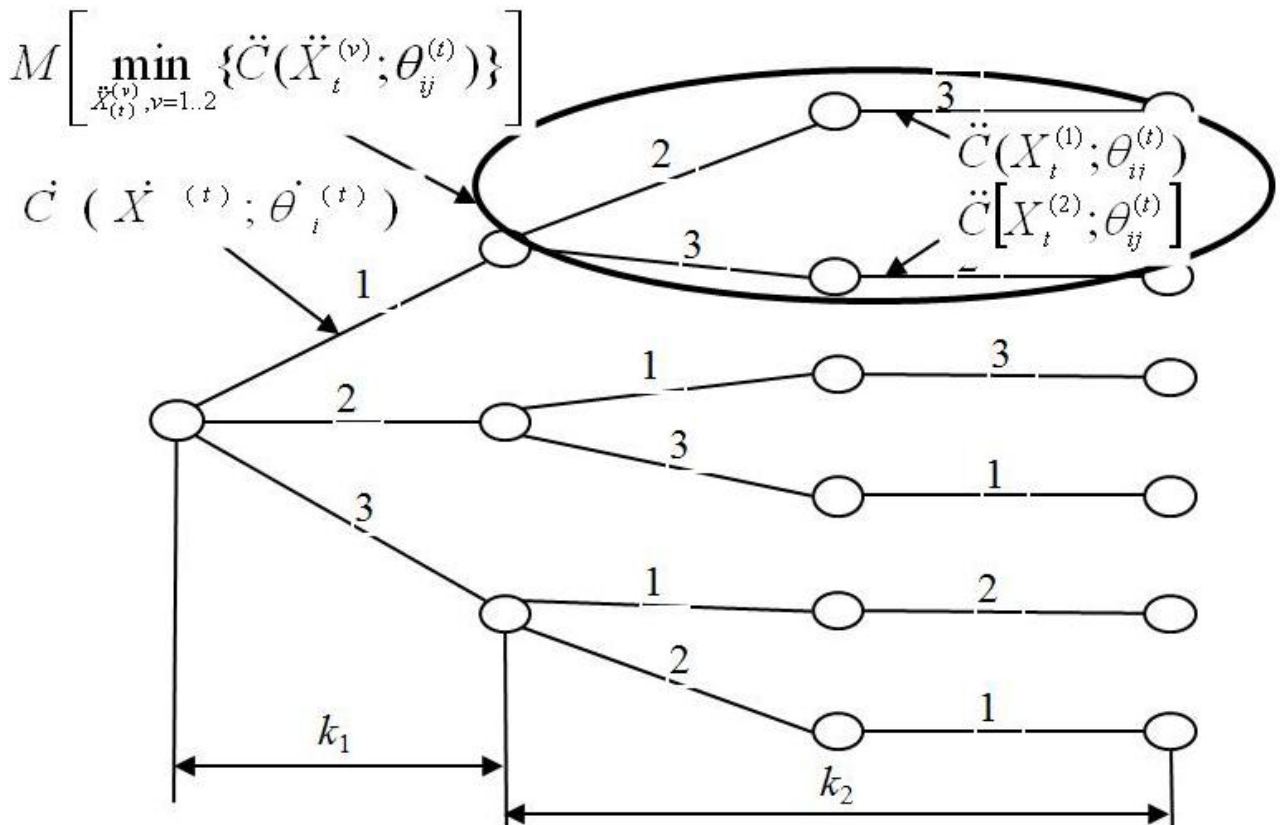


Рисунок 1 – Граф возможных вариантов очередностей расформирования в случае декомпозиции задачи ВОРП

Множество очередностей расформирования графа вариантов первого этапа обозначим как $\dot{X} = \{ \dot{X}^{(t)} \}$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$. Множество возможных

состояний системы на этапе расчета по графу вариантов первого этапа $\dot{\theta} = \{ \dot{\theta}_i^{(t)} \}$, $i = 1 \dots f_1$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$ определяется возможными моментами

подхода к станции поездов, которые включены в граф вариантов первого этапа – $\dot{\theta}_i^{(t)} = \{ T_1, T_2, \dots, T_{k_1} \}$. Вероятность $P(\dot{\theta}_i^{(t)})$ каждого состояния известна. Для

каждой очередности $\dot{X}^{(t)}$ известно множество очередности расформирования графа вариантов второго этапа, обозначим ее как $\{ \ddot{X}_t^{(v)} \}$, $v = 1 \dots k_2!$, $t = 1 \dots \frac{(k_1 + k_2)!}{k_2!}$. Для каждого графа вариантов второго этапа также известно

множество возможных состояний системы $\ddot{\theta} = \{ \ddot{\theta}_{ij}^{(t)} \}$, $i = 1 \dots f_1$, $j = 1 \dots f_2$, $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)} = \{ T_{k_1+1}, T_{k_1+2}, \dots, T_{k_1+k_2} \}$.

Вероятность $P(\ddot{\theta}_{ij}^{(t)})$ каждого состояния известна. Возможное состояние $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}$ конкретизирует ситуацию, которая сложилась согласно состоянию $\dot{\theta}_i^{(t)}$, то есть $\sum_{j=1}^{f_2} P(\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}) = P(\dot{\theta}_i^{(t)})$.

После декомпозиции задачи приходим к двухэтапной задаче стохастического программирования:

$$C_1(\dot{X}^{(t)}) = M \left[\dot{C}(\dot{X}^{(t)}; \dot{\theta}_i^{(t)}) + M \left[\min_{\ddot{X}_t^{(v)}, v=1 \dots k_2!} \{ \ddot{C}(\ddot{X}_t^{(v)}; \ddot{\theta}_{ij}^{(t)}) \} \right] \right] \rightarrow \min_{\forall \dot{X}^{(t)} \in \dot{X}} \quad (3)$$

где $\dot{C}(\dot{X}^{(t)}; \dot{\theta}_i^{(t)})$ – эксплуатационные расходы варианта очередности расформирования $\dot{X}^{(t)}$ графа первого этапа в условиях $\dot{\theta}_i^{(t)}$;

$\ddot{C}(\ddot{X}_t^{(v)}; \ddot{\theta}_{ij}^{(t)})$ – эксплуатационные расходы варианта очередности расформирования $\ddot{X}_t^{(v)}$ графа второго этапа, принадлежащего очередности $\dot{X}^{(t)}$ графа первого этапа. Расходы определяются в условиях $\dot{\theta}_i^{(t)}$ та $\ddot{\theta}_{ij}^{(t)}$.

Использование в качестве целевой функции выражения (3) позволит учитывать стохастический характер прогноза прибытия поездов на станцию, и избежать чрезмерного увеличения размерности задачи ВОРП. Однако даже

стохастическая модель не может быть эффективной в условиях примитивных методов прогнозирования. Поскольку в настоящее время прогнозирование движения поездов на железных дорогах Украины осуществляется с применением нормативных продолжительностей хода по перегонам, то можно сделать вывод, что разработка и внедрение более совершенных методов прогнозирования является актуальной задачей. Только после этого появится реальная возможность практического применения как задачи ВОРП так и многих других задач оперативного управления.

Прогнозирование движения поездов в АСУЖТ Украины

В настоящее время информационной базой прогнозирования движения поездов на железных дорогах Украины являются информационные сообщения о проследовании поездами отдельных железнодорожных станций, основные из них следующие:

- с. 200 – сообщение об отправлении поезда со станции;
- с. 201 – сообщение о прибытии поезда на станцию;
- с. 202 – сообщение о проследовании поездом станции.

Эти сообщения вводятся вручную операторами при дежурных по станциям после наступления соответствующих событий. Другими словами, на железных дорогах Украины реализована событийная модель продвижения поездов по железнодорожной сети. Следствием этого является множество проблем:

- информация о местоположении поездов обновляется крайне редко;
- вследствие наличия человеческого фактора имеет место определенная неточность полученной информации, как по объективным причинам (ошибки измерения), так и по субъективным (вследствие желания скрыть невыполнение качественных показателей работы);
- запаздывание получения информации.

Наиболее серьезной из указанных проблем является первая. Информация о местоположении поездов на полигоне железных дорог обновляется только при прохождении определенных станций. Причем, если на некоторых участках информационные сообщения вводятся всеми станциями, то на других такие сообщения вводятся, лишь на начальных и конечных станциях участков. Зачастую информация о местоположении поездов обновляется не чаще одного раза в течение часа. В таких условиях выполнять точное прогнозирование движения поездов представляется крайне сложной задачей. Кроме того ситуация усугубляется использованием при прогнозировании нормативных продолжительностей хода поездов по перегонам, которые на практике очень часто не выдерживаются.

С целью устранения указанных проблем, в настоящее время на железных дорогах Украины реализуется обширная программа по оснащению поездных локомотивов GPS-навигаторами. С помощью использования спутниковых GPS-технологий возможно отслеживать местоположение подвижного состава в реальном масштабе времени и с большой точностью. Ожидается, что в

будущем это даст возможность, существенно повысить и точность прогнозирования движения поездов.

Использование GPS-технологий при прогнозировании движения поездов дает возможность учитывать взаимное расположение поездов на перегонах, и как следствие этого – учитывать показания светофоров автоблокировки при прохождении их поездами. Эта информация является новой и ранее недоступной в среде автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом. Наличие такой информации дает возможности принципиально новых подходов к методам прогнозирования движения поездов.

Выводы

На сортировочных станциях Украины существует множество неиспользованных резервов для уменьшения эксплуатационных расходов железных дорог. Использованию этих резервов может помочь разработка и применение все более сложных математических моделей решения задач оперативного управления работой сортировочных станций. Однако для успешного практического внедрения таких моделей необходим соответствующий уровень информационного обеспечения планирования и управления. Применение современных технологий позиционирования для решения задач прогнозирования движения поездов может существенно повысить точность прогноза, который может стать надежной основой оперативного управления работой сортировочных станций.

Список использованных источников

1. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.
2. Бардась, А. А. Усовершенствование планирования процессов расформирования составов с учетом оперативных данных автоматизированных систем управления грузовыми перевозками [Текст] / А. А. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – С. 150-152.
3. Бардась, О. О. Аналіз ефективності формування поїздопотоків при автоматизованому управлінні черговістю розпуску [Текст] / О. О. Бардась // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту зал. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 35-38.
4. Скалозуб, В. В. Удосконалення методів вибору черговості розпуску составів на сортувальній станції [Текст] / В. В. Скалозуб, О. О. Бардась // Збір. наук. праць Донецьк. ін-т. зал. тр-ту Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – 2010. – Вип. 24. – С. 46-52.
5. Скалозуб, В. В. О приближенной декомпозиции NP-полных задач управления сложными процессами [Текст] / В. В. Скалозуб, А. А. Бардась, М. В. Скалозуб // Системні технології. Регіональний міжвуз. збір. наук. праць. – 2011. – №4(75). – С. 174-184.

O. O. Bardas, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Junctions, Ph.D.

Methods of intelligent systems in the operational management tasks on the marshalling yards

Abstract

This article describes a model for the choice of priority disbandment of trains in marshalling yards, which uses data from the automated management systems of the railway transport.