



гонов использовался линейный метод сжатия графа, при котором весовая характеристика ребра суммируется. Для перекрестков использовался метод клеточного сжатия, при котором перекресток представлен одним узлом.

Литература

1. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Трофименко Ю.В., Яшина М.В. Авто-транспортные потоки и окружающая среда. – М.: ИНФРА-М, 1998. 408с.
2. Золотовицкий А.В. Применение графовых структур в системе управления дорожным движением / V Всероссийская научная конференция молодых ученых и аспирантов «Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения» //Тезисы докладов.-Таганрог, 2003. С.166.
3. Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Серия: «Актуальные проблемы радиоэлектроники» – Самара: СГАУ, - 2003. С. 20 - 24.
4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: МЦНМО, 2001. 960 с.
5. Вайсфельд В.А., Ексаев А.Р. Геоинформационные технологии и городские инженерные сети – основные принципы интеграции // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации, 1997. – № 1(8) С. 26.

А.В. Игнатенков, А.М. Ольшанский

О ЖАДНОЙ СТРАТЕГИИ ПРОКЛАДКИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

(ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», Самарский государственный университет путей сообщения)

В условиях повышенной изменчивости поездопотоков существенно изменились требования к графику движения поездов, связанные с оперативным перестроением графика в автоматизированном или даже автоматическом режиме. Цель настоящего доклада – предложить подход к построению графика движения поездов на основе «жадных» решений.

График движения поездов – система событий и процессов между ними, выбранная и заданная на многомерном графе путей и станций, включая необходимые условия и ограничения на отношения между элементами графа и категорией процесса.

Он включает в себя следующие элементы:

- точность графика (1 мин. для общего графика, 0,5 минуты для графика с наличием скоростных и высокоскоростных поездов);
- множество отдельных пунктов сети (N станций);



- набор данных о соединении пунктов сети – матрица $N \times N$, а также матрица корреспонденций всех поездов, необходимых в графике (также размерностью $N \times N$);
- топологию путей $\{R_N\}$ и набор свойств $\{r_{1N} \dots r_{kN}\}$ каждого пути (длина, специализация работы, запреты на отдельные операции и пр.);
- моменты отправлений поездов ($a_1 \dots a_{1440}$) по всем отдельным пунктам;
- моменты прибытий поездов ($b_1 \dots b_{1440}$) по всем отдельным пунктам;
- путность соединений между станциями (матрица размерности $N \times N$), значения путности 1,2,3,4;
- набор ограничений по прибытию и отправлению поездов (выраженный через условия допустимых неодновременных / одновременных прибытий и отправлений, попутных следований, с помощью задаваемых величин межпоездного интервала и пр.), который будет выписан отдельно и неоднократно рассматривался в существующей эксплуатационной литературе [1,2];
- пропускная способность станций и перегонов, определяемая расчетом;
- емкости станций (их парков), в поездах;
- сведения о лимитирующих перегонах;
- информация о минимальных перегонных временах хода между отдельными пунктами;

Такое определение графика движения поездов является новым с позиций практики и теории управления эксплуатационной работой железных дорог.

Задав указанные элементы, будем считать, что задано многообразие графиков движения поездов. В ряде случаев может быть задано и необходимое пользователю количество поездов по каждому направлению.

При этом сам поезд на каждый момент времени находящийся на отдельном пункте может мигрировать в одно из следующих состояний:

- Г1: отправиться на перегон и проследовать его без задержек;
- Г2: отправиться на перегон и замедлиться по прибытию на следующую станцию;
- Г3: отправиться на перегон и замедлиться по отправлению и по прибытию также;
- Г4: в следующий момент времени задержаться на станции отправления.

Для нашего представления графика движения поездов каждая нитка поезда ($a_{1,1} \dots b_{1,2} \dots a_{1,n-1} \dots b_{1,n}$), где первая цифра индекса показывает принадлежность к нитке, а вторая - к моменту прибытия или отправления по времени (возможно ввести третий индекс – номер станции, на которой данное событие происходит) – процесс на множестве «Time×Capacity×Train Type×Stations Features». Процесс понимаем в данном случае в смысле [3] как занятость железнодорожной линии данным поездом.

Тогда возможной схемой прокладки графика может выступить последовательность из двух этапов, повторяемая несколько раз для каждого крупного направления сети:

1. Прокладка поездов на перегоне;



2. Расчет событий на станции;
3. Переход к шагу 1.

Алгоритм может начинать работу либо с конечной станции направлений, либо с «лимитирующего перегона». Целесообразность того или иного подхода будет обосновываться при конкретной прокладке графика.

Каждый ход в модели прокладки процессов имеет заданную стоимость, которая может измеряться в единицах времени, в единицах съема поездов или в удельной потребляемой пропускной способности на 1 поезд, а также задаваться в пользовательском формате.

Стоимость прокладки варианта графика движения поездов будет выражаться как:

$$(1),$$

где C_t – терминальная стоимость (стоимость данного решения на конечных станциях),

m – число станций на направлении, n – число шагов.

То есть, для каждого шага можно написать рекурсивную инструкцию динамического программирования:

...

То есть, построение оптимального по условию (1) графика будет осуществляться исходя из соображений, что на последнем шаге будет предложено оптимальное решение. Весь график в этом случае будет оптимальным только если структура решений на шаге $(i-1)$ также была оптимальной.

Рассмотрим поезда на графике между перегонами как некоторые процессы, совокупность которых упорядочена во времени по моментам их завершения: $G=(f_1, f_2, \dots, f_n)$. Сформулируем жадную стратегию построения графика движения поездов.

1. Шаг 1. Среди отобранного множества процессов находим такой, для которого на нашем полигоне имеется минимальная длительность:

$$g_i = \min(s_{i1} \dots f_{i1}, \dots, s_{in} \dots f_{in})$$

Выбрав данный процесс (например, пассажирский поезд высшего приоритета), мы строим его график движения, который именуем как g_1 .

2. Шаг 2. Вычисляем стоимость прокладки такого поезда по его пути на графике движения.
3. Шаг 3. Из оставшегося подмножества $G1=(G \setminus g_1)$, реализуя шаги 1-2, выделяем вторую нитку графика g_2 , а также формируем следующее подмножество $G2=(G1 \setminus g_2) \dots$



Таким образом, будет построено максимальное подмножество совместных процессов, обладающее жадной оценкой стоимости, однако эту оценку можно признать субоптимальной, но не строго оптимальной.

Действуя так в четном и нечетном направлении однопутного участка, и соблюдая условия бесконфликтности, можно рассчитывать на жадный вариант однопутного графика, который, однако, не может быть назван оптимальным без строгого доказательства.

Предложенный подход может быть реализован при прокладке графика движения поездов различных типов, на любой железнодорожной линии.

Литература

1. Грунтов П.С., Дьяков Ю.В., Макарович А.М. Управление качеством эксплуатационной работы. Под ред. П.С. Грунтова. – М., Транспорт, 1994. – 543 с.
2. Oliviera, Elias. Solving dingle-track railway scheduling problem using Constraint Programming. – University of Leeds, School of Computing. – Sept.2001. – 129 p.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. Издание второе. – Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2013. – 1296 с., ил. - ISBN 978-5-8459-0857-5 (rus).
4. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с., ил. - ISBN 5-8459-0890-6 (rus).
5. Лоскутов А.И., Назаров А.В.. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб., НиТ, 2003. – 384 с. – ISBN 5-94387-076-8.

А.В. Игнатенков, А.М. Ольшанский

О ПОСТРОЕНИИ КВАЗИХОПФИЛДОВСКОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПОРЯДОЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ

(ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»)

График движения поездов, как ранее указывалось в [1,2], особенно в современных условиях, должен являться адаптивным инструментом, способствующим повышению технологической и экономической эффективности работы железнодорожного транспорта.

Наличие множества неформализуемых и слабоформализуемых факторов (специфика каждого участка, опыт работников транспорта, местные особенности, стохастический характер ряда ниток графика, значимые различия в характеристиках локомотивов внутри единой серии, неполнота нормативно-справочной информации и др.) практически исключает применение строгих ма-