

РАЗМЕЩЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В УЗЛАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

Сухов А.А.

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),

Россия, г. Москва, ул. Образцова д.9 стр.9

arkhonfills@list.ru

Аннотация: рассмотрена возможность применения взвешенного размещения теории графов к выбору мест дислокации восстановительных поездов, выявлены натуральные и стоимостные показатели, влияющие на выбор решения, предложена методика решения задачи выбора мест дислокации восстановительных поездов.

Ключевые слова: восстановительные поезда, транспортные происшествия, перевозочный процесс, взвешенное размещение

Введение

Восстановительные поезда являются специальными формированиями железнодорожного транспорта, предназначенными для ликвидации последствий транспортных происшествий различного масштаба.

Проблема определения мест дислокации восстановительных средств и их оптимального количества в настоящее время принимает большую актуальность, несмотря на это проблема является малоизученной. Однако достаточно хорошо изучены родственные проблемы, связанные с надежностью технических средств и регулированием поездной ситуации при возникновении отказов.

В исследовании [3] рассмотрены технико-технологические и экономические факторы, влияющие на размещение восстановительных поездов, используемых на железнодорожном транспорте для ликвидации последствий транспортных происшествий.

Негативный эффект от инфраструктурных ограничений из-за технических отказов в своей работе [4] изучает Е.Н. Тимухина. В ее работах существенное внимание уделяется функциональной надежности станционных устройств и анализу влияния технических отказов станционных устройств на процессы работы станций в целом. В основе исследований Е.Н. Тимухиной лежат методы имитационного моделирования и теория случайных процессов. В [5] Н.Е. Окулов также прибегает к имитационному моделированию: он применяет его, чтобы оценить функциональную надежность инфраструктурных элементов, которые используются при взаимодействии железнодорожного транспорта с производственными предприятиями, а также влияние отказов на технологические процессы крупных предприятий, примыкающих к железнодорожным станциям.

При возникновении барьерных мест особое внимание необходимо уделять регулировочным мерам для стабилизации поездной ситуации. В.С. Климанов в своей статье [7] отмечает, что насыщение линий и участков приводит к понижению ряда эксплуатационных показателей вследствие инфраструктурных ограничений. Техническая станция в силу ограничений не сможет постоянно принимать поезда, следующие в ее адрес с переработкой из-за ограниченного количества путей парка приема и перерабатывающей способности горки, в результате чего, будет образовываться сгущение грузовых поездов на подходах к технической станции. Для предотвращения подобной ситуации необходимо проводить определенные регулировочные меры, выбор которых зависит от расчета эффективности в той или иной ситуации.

В качестве регулировочной меры в своей работе [8] Е.А. Сотников и П.С. Холодняк рассматривают возможность использования доступной инфраструктуры полигона для временной отстоянки вагонов или поездов, которые не могут быть приняты выгрузочными районами. Авторы предлагают подобную стратегию не только для рационального использования инфраструктурных возможностей станций, но и для минимизации расходов при простое вагонов.

1 Натуральные и стоимостные показатели, влияющие на выбор решения

Возникшее барьерное место приведет к полному или частичному снижению пропускной способности участка, что в свою очередь вызовет простой поездов. При оценке вариантов размещения восстановительных поездов необходимо обращать внимание не только на исходные характеристики станции возможной дислокации (наличие локомотивных резервов, путевого развития и т.д.), но и характеристики прилегающих участков, такие как расстояния до ближайших технических и участковых станций, нормативные размеры движения поездов различных категорий.

При оценке количества восстановительных поездов необходимо обращать внимание как на их регулярные затраты (фонд заработной платы работников восстановительных поездов, затраты на

техническое обслуживание восстановительных устройств и т.д.) так и на нерегулярные затраты, связанные с деятельностью восстановительных поездов по их прямому назначению.

2 Постановка задачи

Пусть модель полигона – это неориентированный граф, в котором вершины – крупные технические и узловые станции, а ребра – железнодорожные участки. Каждое ребро рассматриваемого графа имеет длину и вес. Длина ребра равна длине участка модели. Вес ребра равен потенциальным экономическим потерям, для расчета которых используется коэффициент, который рассчитывается по формуле (1):

$$(1) \quad P(i,j) = (N_{ск} * C_{ск} + N_{пасс} * C_{пасс} + N_{гр} * C_{гр} + N_{сб} * C_{сб} + N_{уск} * C_{уск} + N_{приг} * C_{приг}),$$

где $N_{ск}$, $N_{пасс}$, $N_{гр}$, $N_{сб}$, $N_{уск}$, $N_{приг}$ - нормативные размеры движения, соответственно, скоростных пассажирских, пассажирских, грузовых, сборных, ускоренных грузовых и пригородных поездов, установленные на рассматриваемом участке;

$C_{ск}$, $C_{пасс}$, $C_{гр}$, $C_{сб}$, $C_{уск}$, $C_{приг}$ - стоимость простоя 1 поезд-часа, соответственно, скоростных пассажирских, пассажирских, грузовых, сборных, ускоренных грузовых и пригородных поездов;

Величина потенциальных экономических потерь от возникновения барьерного места на определенном участке определяется по формуле:

$$(2) \quad E(i,j) = (P(i,j)_1 * T_1 + P(i,j)_2 * T_2 + P(i,j)_3 * T_3 + P(i,j)_4 * T_4) / 24,$$

где T_1 – время, необходимое для подъема восстановительного поезда и его доставку к месту возникновения транспортного происшествия [3]; T_2 – время от начала восстановительных работ до частичного восстановления перевозочной мощности элемента инфраструктуры [3]; T_3 – время на выполнение оставшихся работ по восстановлению перевозочной мощности инфраструктурного элемента до предыдущего уровня [3]; T_4 – время на стабилизацию поездной ситуации [3]. Под «стабилизацией» понимается возвращение системы к исходному состоянию.

Определение расположения восстановительных поездов является задачей теории графов на определение главного центра [6]. Для определения главного центра необходимо использовать алгоритмы построения матрицы нахождения кратчайшего пути.

Согласно [6] главный центр – любая вершина x , такая, что расстояние от нее до максимально отдаленной точки на дуге графа минимально, т.е. минимальное расстояние вершина-дуга (МВД):

$$(3) \quad \text{МВД}(x) = \min \{ \text{МВД}(i) \},$$

где $\min \{ \text{МВД}(i) \}$ - наименьшая величина строки i матрицы нахождения кратчайшего пути, согласно алгоритму Данцига.

Однако определение места дислокации восстановительного поезда с учетом одного лишь расстояния до предполагаемых барьерных мест на железнодорожных участках может быть недостаточно объективным, поскольку в данном случае в расчет не берутся размеры движения и, соответственно, потери от вынужденного простоя поездов различных категорий. Поэтому в данном случае целесообразно рассмотреть вариант взвешенного размещения. При этом каждому элементу рассматриваемой матрицы будет соответствовать произведение весов, входящих в элемент ребер, на длину элемента.

3 Методика решения

Железная дорога рассматривается как неориентированный граф, состоящий из определенного количества подграфов. Количество подграфов определяется количеством восстановительных поездов, установленных для данной железной дороги. Начальное количество восстановительных поездов, рассматриваемых в решении, принимается равным действующему актуальному количеству поездов;

Каждому восстановительному поезду присваивается зона обслуживания (определяется делением общей протяженности железнодорожных линий на число восстановительных поездов), размер которой определяется по территориальному принципу (протяженности зон обслуживания восстановительных поездов примерно равны). Полученные зоны обслуживания разбивают исходный граф на составляющие подграфы.

Для каждого подграфа определяются вес и длина составляющих его ребер. Затем происходит определение главных центров подграфов и производится выбор мест дислокации восстановительных поездов на каждой рассматриваемой зоне обслуживания.

Происходит объединение рассматриваемых подграфов в единый граф и в случае нахождения полученных главных центров рассматриваемых подграфов в непосредственной близости друг от

друга, производится корректировка числа восстановительных поездов, затем рассчитывается эффективность новой схемы размещения.

Предложенный порядок действий повторяется вновь уже с измененным количеством восстановительных поездов до тех пор, пока не исчезнет необходимость в корректировке количества восстановительных поездов или пока эффективность размещения восстановительных поездов не перестанет увеличиваться.

Выводы

В данной работе предлагается применение теории графов к системе размещения восстановительных поездов.

1) Для оценки вариантов выбора места дислокации восстановительного поезда на железнодорожном полигоне возможно применение алгоритма по поиску главного центра неориентированного графа, ребра которого представляют собой железнодорожные участки с присущими им характеристиками;

2) Для поиска места дислокации восстановительного поезда на железнодорожном полигоне может быть использован алгоритм поиска главного центра, который учитывает не только расстояния между участковыми и техническими станциями, но и интенсивность движения на участках полигона;

3) Предложен порядок поиска наиболее подходящих мест дислокации восстановительных поездов на железных дорогах.

Литература

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 26 декабря 2011 г. №2792р «Об утверждении и вводе в действие инструктивных указаний по организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги». [Электронный ресурс].
2. <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=527851#04008700663103699> Распоряжение ОАО «РЖД» от 31 декабря 2015 г. №3188р «Об утверждении результатов классификации железнодорожных линий». [Электронный ресурс].
3. <http://tly.su/ru/content/об-утверждении-результатов-классификации-железнодорожных-линий>
4. А.Ф. Бородин, А.А. Сухов. Обеспечение функциональной надежности перевозочного процесса при размещении восстановительных средств железных дорог. Материалы конференции «Управление развитием крупномасштабных систем», М., 2018. - С.44-46.
5. Е.Н. Тимухина. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н., Екатеринбург, 2012. - 44с.
6. Н.Е. Окулов. Методы и способы совершенствования взаимодействия производства и транспорта. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., Екатеринбург, 2014. - 16с.
7. Э. Майника. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. Мир, М., 1984. - 324с.
8. В.С. Климанов. Об эффективности регулировочных мероприятий в условиях насыщения дорог поездотоками. Вестник ВНИИЖТ., М., 1984. - С.5-8.
9. Е.А. Сотников, П.С. Холодьяк. Рациональная технология временной отстановки поездов от движения. Вестник ВНИИЖТ., М., 2019. - С.3-9.