



6. N. Barnes, G. Loy, D. Shaw, and A. Robles-Kelly, "Regular polygon detection," 2005 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), vol. 1, pp. 778-785, 2005.

7. M.A. Souki, L. Boussaid, and M. Abid, "An embedded system for real-time traffic sign recognizing," 3rd International Design and Test Workshop, pp. 273-276, December 2008.

8. C.G. Keller, C. Sprunk, C. Bahlmann, J. Giebel, and G. Baratoff, "Real-time recognition of US speed signs," 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 518-523, June 2008.

9. V. Glavtchev, P. Muyan-Ozcelik, J.M. Ota, and J.D. Owens, "Feature-based speed limit sign detection using a graphics processing unit," 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 195-200, June 2011.

М.Г. Лысиков, Г.А. Довгерд

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ТИПА АВТОБЛОКИРОВКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

(Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), АО «НИИАС»)

Целью данного доклада является иллюстрация процесса создания инструмента и методики выбора рационального варианта оснащения проектируемых железнодорожных линий устройствами ЖАТ, исходя из особенностей эксплуатации будущих линий.

Железнодорожные линии в настоящее время характеризуются тем, что их топология претерпела существенные изменения, а именно: демонтаж инфраструктуры в 1990-2000-х гг. и фаза резкого роста нагрузки в пределах городских агломераций в начале 2010-х гг. вследствие сосредоточения населения вокруг Москвы, Санкт-Петербурга и других крупных городов. В результате на ряде станций, таких как Москва Октябрьская, Москва Ярославская, Санкт-Петербург Московский и др. возник существенный дефицит пропускной способности применительно к сочетанию высокоскоростного и возрастающего пригородного движения.

Поэтому остро встал вопрос инфраструктурного развития таких линий. Для того, чтобы выбрать наилучший вариант выбора устройств сигнализации, централизации и блокировки, обеспечивающий, с одной стороны, достаточный объем пропускной способности, а с другой - не создающий избыточных ее резервов, потребовалось начать работы по созданию новой методики выбора рационального варианта оснащения проектируемых или реконструируемых линий.

В традиционной технико-экономической литературе принят следующий подход.



В связи с тем, что объем грузовых и пассажирских перевозок, как правило, изменяется плавно, а уровень наличной пропускной и провозной способности линии можно увеличить скачкообразно, то наиболее эффективным является поэтапное осуществление мероприятий.

Чтобы оценить наиболее выгодную схему перевооружения линии, разрабатывается экономическая модель развития систем автоблокировки, включая интервальное регулирование, и выполнения перспективных потребных объемов перевозок.

Присвоим каждому из возможных мероприятий по развитию СЦБ порядковый номер $1, 2, \dots, n$. Осуществление того или иного мероприятия означает изменение соответствующего ему технического показателя линии. Например, это может быть сокращение межпоездного интервала на величину dI .

Обозначим соответствующие мероприятиям параметры i_1, i_2, i_k, i_n .

Каждое мероприятие, и, следовательно, изменение каждого параметра будут осуществлены на линии один раз в срок t_k .

Таким образом, мы будем работать с элементами вектора параметров линии $I = (i_1, i_2, i_k, \dots, i_n)$ и вектором сроков их изменения $t = (t_1, t_2, t_k, \dots, t_n)$.

Сокращение интервалов в процессе реализации мероприятий требует капитальных вложений, описываемых функцией $K=K(I)$.

Приведенные к годовым суммарные затраты на линии, изменяющиеся в результате роста перевозок и усиления пропускной способности, зависят от значений параметров, характеризующих устройства СЦБ, и от срока эксплуатации линии, т.е. $E = E(I, t)$.

Итоговые затраты, связанные с проведением всех мероприятий за весь период прогноза составят:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{K_i(I)}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i(I, t)}{(1+r)^i}, \quad (1)$$

где r – коэффициент эффективности, который может принимать значение ставки дисконтирования, коэффициента WACC, коэффициента отраслевой эффективности или т.п.

Рациональным вариантом развития СЦБ на линии является такой, при котором на каждом этапе наличная провозная способность должна быть выше или равна потребной.

Для проведения детальных расчетов необходимо установить зависимость перевозочных затрат от показателей СЦБ линии.

До тех пор, пока такая зависимость не установлена, следует решать задачу выбора потребного СЦБ путем расчета вариантов и выбора из них такого, при котором отношение совершенных затрат к величине избыточного резерва провозной способности минимально при выполнении требований к рациональному варианту.

С позиции эксплуатации железных дорог [1], на двухпутных участках, оборудованных автоблокировкой, применяют пакетный график. Время занятия поездом ограничивающего перегона в данном случае равно интервалу в пакете I , а пропускная способность в каждом направлении



$$N = \frac{1440 - t_{\text{техн}}}{I} \alpha_n, \quad (2)$$

где I – интервал между поездами данного направления, определяемый как наибольший по условиям пропуска поездов по перегонам и станциям, мин.

«Формула (2) справедлива лишь при интервалах автоблокировки 8 мин и более. При меньшем интервале начинает сказываться несинхронность движения поездов. Кроме того, при расчёте перегонного времени хода принимается среднее значения сопротивления движению (фактически оно может отклоняться на $\pm 35\%$). Стандарты на характеристики локомотивов также допускают отклонение силы тяги от номинальной на 4%. Всё это приводит к колебаниям ходовой скорости движения, и в результате поезда на участке не могут соблюдать заданный интервал. Чрезмерное сближение поездов приводит к необходимости их движения под жёлтый сигнал светофора, что вызывает торможение и уже существенное увеличение интервала» [1].

В связи с вышеизложенным классическая методика не может применяться в настоящее время, особенно с учетом появления таких технических решений, как виртуальная сцепка, интервальное регулирование и т.п., при которых величина межпоездного интервала достигает 3 минут.

В 2015 г. Андерс Лифдфилд в своей докторской диссертации «Анализ пропускной способности железных дорог – Методы моделирования и оценки расписаний, задержки и инфраструктуры» [2] использовал метод имитационного анализа работы двухпутной линии.

Такой анализ заключается в сравнении результатов нескольких смоделированных сценариев, в которых изменяются свойства инфраструктуры, расписание или возмущения. Каждый сценарий требует нового моделирования, в котором должны быть выполнены, по крайней мере, некоторые из вышеуказанных шагов, что может занять много времени, если количество сценариев слишком велико. Тем не менее, такой подход позволяет учесть различные комбинации категорий поездов (высокоскоростных, грузовых, пригородных и др.), технических средств и иных факторов, не учтенных в классическом понимании. В алгоритме планирования расписания с различной плотностью движения создаются путем изменения направления движения между поездами, начинающимися в начале маршрута. Затем поезда планируются как можно быстрее от места отправления до места назначения. Возмущения включают в себя три различных типа задержек, задержки входа, продления времени работы и продления времени пребывания.

В зависимости от степени неоднородности поездопотока на линии и интенсивности движения поездов строится кривая общих эксплуатационных расходов по данному варианту. Путем отыскания минимума общих затрат выбирается наилучшее решение по организации движения поездов.

Данный метод может быть модернизирован и адаптирован к решению нашей задачи.



В этом случае при проектировании новой железнодорожной линии, как и в традиционном варианте, задаются объемы перевозок и строится базовый вариант организации движения поездов.

Затем, в зависимости от применяемых технических средств (например, полуавтоблокировка, двухсторонняя автоблокировка, АБТЦ МШ, управление по радиоканалу с подвижным блок-участком, виртуальная сцепка и др.) выбирается величина межпоездного интервала, которая напрямую влияет на интенсивность движения поездов в час.

Далее, имитационная модель новой линии, полученная при выполнении раздела «Организация движения» [3], регулируется на оценку величины загруженности линии и тем самым выбирается вариант с наименьшим, но достаточным резервом пропускной способности.

При выборе критерия выбора рационального варианта в том или ином виде вводится функция затрат (денежных либо условно-натуральных). Данная функция должна отвечать следующим требованиям:

1. Иметь одну точку минимума
2. Состоять из двух слагаемых, первое из которых монотонно уменьшается с ростом интенсивности движения поездов, а второе, наоборот, возрастает.

Примеры таких функций приведены в [2] и являются производными от знаменитой формулы Вилсона в логистике.

Таким образом, экономическая оценка, выполняемая по классическим методикам, дополняется эксплуатационной оценкой. Кроме того, вместо имитационной модели [3] допустимо использовать программный продукт, предложенный в работе [2].

Подводя итог, можно сказать, что разработанная модель принятия решений, во-первых, учитывает как эксплуатационные, так и стоимостные характеристики; во-вторых, базируется на применении верифицированных программных продуктов для железнодорожного моделирования; в-третьих, обладает удобством при работе с различными параметрами оснащения и работы линии, а также базируется на строгих критериях оптимальности.

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ 17-20-01065 «Разработка теории нейросетевого управления железнодорожными транспортными системами».

Литература

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов/П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А. М. Макарович и др.; Под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994 г.
2. Лифдфилд А. «Анализ пропускной способности железных дорог – Методы моделирования и оценки расписаний, задержки и инфраструктуры» – Стокгольм, 2015. – 41 с. – ISBN 978-91-87353-65-9.



3. Лысиков М. Г. Применение имитационного моделирования для системного анализа функционирования транспортно-пересадочных узлов // Системы компьютерной математики и их приложения. – 2017. – №. 18. – С. 25-27.

З.З. Мингалиев, И.М. Кычкин

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ТИПА «МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЕРСПЕТРОН» ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ)

Обратные задачи – это класс задач, когда известна некоторая прямая зависимость «вход-выход», опираясь на которую требуется рассчитать значения «выход-вход» [1]. При построении прямой модели на основе экспериментальных данных (регрессионная модель), могут возникать трудности с построением адекватных прямых регрессионных зависимостей, особенно для нелинейных моделей с несколькими выходами. Для таких задач может оказаться эффективным использование в качестве прямой модели нейронных сетей.

Нейронные сети типа «многослойный персептрон» хорошо зарекомендовали себя в решении регрессионных задач, когда сеть моделирует собой сложную самообучающуюся нелинейную регрессионную функцию [2].

Построим математическую модель, представляющую собой нейронную сеть типа «многослойный персептрон».

Существует табличная связь некоторого выходного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ от входного $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Допустим, существует зависимость между содержанием тяжелых металлов, таких как цинк, медь, свинец и хром, в крови и волосах человека и содержания тяжелых металлов в снеге и подвижном слое почвы.

Обозначим входные вектора следующим образом:

x_1 – содержание тяжелых металлов в крови;

x_2 – содержание тяжелых металлов в волосах;

и выходные вектора:

y_1 – уровень тяжелых металлов в снеге;

y_2 – уровень тяжелых металлов в подвижном слое почвы;

Для содержания тяжелых металлов в снеге и почве существуют предельно допустимые нормы, которые принято считать безопасными для человека. Обозначим эти значения как y_1^* , y_2^* соответственно.

Необходимо определить концентрацию металлов в крови и волосах человека, которые будут получены, если в снеге и подвижном слое почвы присутствует максимально допустимая концентрация этих металлов.

Решение поставленной задачи разделим на два этапа.