

Принятие решений при повышении скорости на автомобильных дорогах

Царенкова И.М., Масловская Е.М., Масловская М.А.
Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Реферат

Рассматривается оптимизационная задача увеличения скорости движения автомобилей из условия обеспечения заданных уровней скорости при минимальных инвестициях. Предложена модель автомобильной дороги, основанная на делении линии на независимые участки и назначении для каждого участка комплекса возможных состояний, обусловленных действующими ограничениями скорости. Рассмотрено применение метода динамического программирования, обеспечивающего по указанной модели полную оптимизацию стратегии переустройства дороги для повышения скорости движения автомобилей.

Ключевые слова: Автомобильная дорога, дисконтированные затраты, инвестиции, скорость движения, оптимальная схема

Введение

Концепция повышения скорости движения на участках ее ограничения является одним из основных направлений развития автодорожного строительства и автомобильного транспорта. Создание скоростной сети дорог в международном масштабе является требованием сегодняшнего дня.

Помимо таких преимуществ, как эффективность потребления топлива, экономия времени для пассажиров, высокий уровень безопасности, невысокие эксплуатационные расходы, скоростные дороги позволят снять существующие ограничения скорости.

В настоящее время повышение скоростей движения на автомобильных дорогах в пассажирском движении достигается:

– строительством новых магистралей по кратчайшему расстоянию между главными пассажирообразующими пунктами;

- реконструкцией существующих дорог (до расчетных скоростей движения);
- совместным использованием новых магистралей и старых модернизированных участков;
- соединением отдельных дорог в скоростную сеть.

Проблема повышения скоростей движения автомобилей в каждой стране решается с учетом конкретной ситуации, сложившейся на дорогах.

Постановка и решение задачи

В Республике Беларусь повышение скоростей движения предусматривается путем реконструкции существующих автомобильных дорог для совместных грузовых и пассажирских перевозок.

Многие задачи перспективного планирования являются многоэтапными, где требуется принять не одно изолированное решение на определенный момент, а ряд взаимосвязанных и последовательно исполняемых решений по развитию какой-либо системы. Такие задачи решаются с использованием метода динамического программирования.

«Сущность подхода динамического программирования состоит в возможности заменить решение n -шаговой задачи решением целой последовательности задач: сначала одношаговой, потом двухшаговой и т.д., вплоть до n -шаговой. Такой подход допустим потому, что шаги могут добавляться по одному и решение для k шагов может быть получено относительно просто, если оно уже известно для $k-1$ шага». Выбор управления на каждом шаге не влияет на предшествующие задачи [1]. Все это указывает на возможность решения поставленной задачи методом динамического программирования. Кроме этого, этот метод позволяет учесть t временной фактор.

Задача поэтапного увеличения скоростей движения автомобилей является многошаговым процессом принятия решений, в котором решение, принимаемое на каждом шаге, состоит в выборе наименьшего критерия и соответствующего ему сочетания участков, ограничивающих скорости движения.

Задача определена для любого числа шагов и имеет структуру, не зависящую от числа шагов. Задано некоторое множество

параметров, описывающих состояние системы: скорости движения автомобилей, населенные пункты, искусственные сооружения, ширина проезжей части, радиусы кривых и некоторые другие.

Для решения задачи по увеличению скорости движения наиболее приемлем метод формирования оптимальной схемы овладения перевозками, разработанный на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» МИИТа профессорами Кондратченко А.П. и Турбиным И.В. [2].

«Этот метод технико-экономического анализа является на современном уровне развития теории проектирования железных дорог наиболее общим методом обоснования и оптимизации проектных решений в тех областях проектно-изыскательских задач, в которых требуется комплексно оптимизировать параметры и способы организации движения в динамике их развития, усиления и реконструкции» [2].

Рассматриваемое направление автомобильной дороги делится на участки ограничения скорости. Такое деление отвечает следующим условиям:

- взаимной независимости участков по скорости – наличие ограничений в пределах данного участка не оказывает влияния на уровни скорости на соседних с ним (справа и слева) участках;
- взаимной независимости участков по условиям производства работ по модернизации линии.

Применительно к поставленной задаче метод кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» МИИТа нуждается в некоторой модификации. Модификация связана в первую очередь с необходимостью изменения понятия о техническом состоянии системы и экономически рациональных сроках перехода из одного состояния в другое.

Состояние – одна из возможных комбинаций участков с соответствующими ограничениями скорости движения автомобилей. Изменение содержания хотя бы одного из элементов, определяющих данное состояние, переводит систему в другое состояние. За начальное состояние для эксплуатируемой линии принимается существующий участок дороги с соответствующими ограничениями скорости. Поэтому начальное состояние в этом случае всегда единственное.

Специфической особенностью поставленной задачи по сравнению с традиционным подходом является отсутствие четко выраженных технических (вынужденных) сроков перехода к другому состоянию. Каждое последующее состояние в общем случае может рассматриваться как конечное. Промежуточные состояния назначаются так, чтобы обеспечить постепенное увеличение скоростей движения по участкам. Переходы из одного состояния в другое сопровождаются, как правило, некоторыми капиталовложениями, необходимыми для введения состояния. Каждое состояние характеризуется определенными эксплуатационными расходами. Не рассматриваются переходы, связанные с уменьшением скоростей движения автомобилей. Рассматриваются состояния, связанные с увеличением радиусов кривых, уширением проезжей части, устройством дополнительной полосы на подъеме.

Схемой поэтапного снятия ограничений скорости движения считается последовательность состояний во времени от начального до конечного с фиксированными сроками перехода от каждого состояния к последующему.

Критерий экономической оценки данной схемы – суммарные дисконтированные строительно-эксплуатационные расходы S (формула 1):

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} K_{ij} \eta + \sum_{i=1}^m \sum_{t_H}^{t_K} C_i(t) \eta_t, \quad (1)$$

где K_{ij} – инвестиции, необходимые для обеспечения перехода из состояния i в состояние j ;

C_i – ежегодные эксплуатационные расходы в данном состоянии;

m – число состояний;

t_K, t_H – начальный и конечный сроки работы системы;

η_t – коэффициент дисконтирования.

Оптимальной схемой поэтапного увеличения скорости движения является такая схема, при которой критерий S , определенный по формуле (1) по сравнению с аналогичным критерием для любых других схем будет иметь минимальное значение.

Принятые к рассмотрению состояния в соответствии с [2] наносятся на сетку «состояния-время».

Отличием предлагаемой методики от общепринятой является то, что состояния не обязательно должны ранжироваться по уровню мощности. Для данной задачи целесообразно принять другую систему ранжирования – по мере возрастания экономии в эксплуатационных расходах. Это отражает то обстоятельство, что каждое новое состояние соответствует более высоким скоростям движения автомобилей.

Другими будут и узлы на сетке «состояния-время». В качестве узлов приняты точки пересечения состояний и времен на сетке «состояния-время». Это позволяет проанализировать все переходы из состояния в состояние во все годы эксплуатации.

Первый шаг расчета отличается от остальных тем, что к каждому узлу возможен только один переход из существующего состояния. (Переходы из состояния 0 во все последующие). Затем выполняются остальные шаги подсчета, то есть рассматриваются переходы из состояния 1 во все возможные, из состояния 2 во все возможные и т.д. При этом к каждому узлу возможны по два пути подхода: с включением состояния i и без его включения. Критерий с включением состояния i определяется (формула 2):

$$S_{ij} = S_{i-1,i} + \Delta K_{ij} \eta_{t_{ij}} + \sum_{t_{i-1,i+1}}^{t_{ij}} \Delta C_i(t) \eta_t, \quad (2)$$

без включения состояния i (формула 3):

$$S_{ij} = S_{i-1,j} + \sum_{t_{i-1,j+1}}^{t_{ij}} \Delta C_j(t) \eta_t, \quad (3)$$

где S_{ij} , $S_{i-1,j}$ – оптимальные критерии узловых точек, выявленные на предшествующем шаге расчета.

Со второго шага расчета производится выбор наименьших оценок в узлах с одновременной фиксацией наименьшего критерия и соответствующего ему пути подхода.

Оптимальная схема восстанавливается в обратном порядке по выбранным путям подхода, начиная с последнего шага расчета.

Формирование оптимальной схемы повышения скоростей движения на участках дороги целесообразно выполнять в следующем порядке:

1 Формируются исходные матрицы M_1 и M_2 .

M_1 – матрица экономии эксплуатационных расходов с учетом дисконтирования затрат во времени.

M_2 – матрица стоимости переходов из состояния i в состояние j , ΔK_{ij} .

2 Определяется экономия в эксплуатационных расходах нарастающим итогом по годам эксплуатации по начальному состоянию.

3 Выполняется первый шаг расчета, то есть последовательно определяются оценки во всех узлах с учетом подхода только из существующего состояния.

4 Второй шаг расчета включает определение оценок во всех узлах (переходы из первого состояния во все возможные последующие) с учетом двух путей подхода и одновременное определение наименьших оценок в узлах с запоминанием пути подхода к узлу.

5 Третий и последующие шаги расчета предусматривают определение наименьших оценок в узлах с указанием пути подхода из третьего состояния, четвертого, пятого и др. во все возможные последующие.

Приведенный алгоритм формирования оптимальной схемы повышения скоростей движения реализован на ЭВМ. Выдается на печать критерий не только оптимальной схемы, но и критерии остальных схем, имеющих близкие, но большие значения. Экономически-рациональные сроки перехода из одного состояния в другое при решении данной задачи определять не следует. Эти сроки получаются автоматически при формировании оптимальной схемы.

Заключение

Предложенный метод формирования оптимальной схемы повышения скоростей движения автомобилей позволяет разделить дорогу на участки, отвечающие принципам независимости, в пределах которых можно производить реконструктивные мероприятия, а также получать альтернативные решения, что расширяет сферу выбора варианта повышения скорости.

Разработанная модель повышения скоростей движения автомобилей на участке дороги, состоящая из отдельных элементов, определяющих экономию в эксплуатационных расходах и экономию в затратах пассажиров, находящихся в пути обеспечивает представление лицу, принимающему решение необходимых исходных данных для назначения оптимальной схемы повышения скоростей движения с учетом социальных и экономических факторов.

Список использованных источников

- 1 Жогаль, С.И. Задачи и модели исследования операций. Ч.1. Аналитические модели исследования операций: учеб. пособие / С.И. Жогаль, И.В. Максимей. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.
- 2 Волков, Б.А. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: учеб. для ВУЗов ж.д. трансп. / Б.А. Волков, И.В. Турбин, Е.С. Свинцов, Н.С. Лобанова. – М.: Маршрут, 2005 г. – 408 с.