АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

УДК 625.7;65.001.1

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Л.И. Нефёдов, профессор, д.т.н., Е.П. Бабенко, доцент, к.т.н., Ю.В. Перепелица, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. *Представлены модели оценки и выбора контролируемых технико-эксплуатационных показателей для мониторинга состояния автомобильных дорог.*

Ключевые слова: *технико-эксплуатационные показатели, мониторинг, точки контроля, автомобильная дорога.*

МОДЕЛІ ОЦІНКИ І ВИБОРУ КОНТРОЛЬОВАНИХ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Л.І. Нефьодов, професор, д.т.н., О.П. Бабенко, доцент, к.т.н., Ю.В. Перепелиця, аспірант, ХНАДУ

Анотація. *Представлено моделі оцінки і вибору контрольованих техніко-експлуатаційних показників для моніторингу стану автомобільних доріг.*

Ключові слова: *техніко-експлуатаційні показники, моніторинг, точки контролю, автомобільна дорога.*

MODELS OF ASSESSMENT AND CHOICE OF CONTROLLABLE TECHNICAL AND OPERATIONAL INDICATORS FOR THE HIGHWAYS CONDITION MONITORING

L. Nefedov, Professor, Doctor of Technical Science, Ye. Babenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science, Y. Perepelica, postgraduate, KhNAHU

Abstract. *Models of assessment and choice of controllable technical and operational indicators for the highways condition monitoring are presented in the article.*

Key words: *technical and operational indicators, monitoring, control points, highway.*

Введение

Вопросы оценки эксплуатационного состояния автомобильных дорог начали рассматриваться уже в первых работах и нормативных документах, посвященных эксплуатации автомобильных дорог [1–3].

Современная автомобильная дорога представляет собой сложное инженерное сооружение, которое состоит из конструктивных элементов, сооружений обустройств и характеризуется большим количеством геометрических параметров, физических свойств и технико-эксплуатационных характеристик, а также транспортно-эксплуатационных показателей.

Анализ публикаций

Основу системы управления технико-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог (ЭС АД) составляют три базовых компонента: объект управления, процедуры управления (или управляющие воздействия в виде дорожных работ) и среда управления (рис. 1).

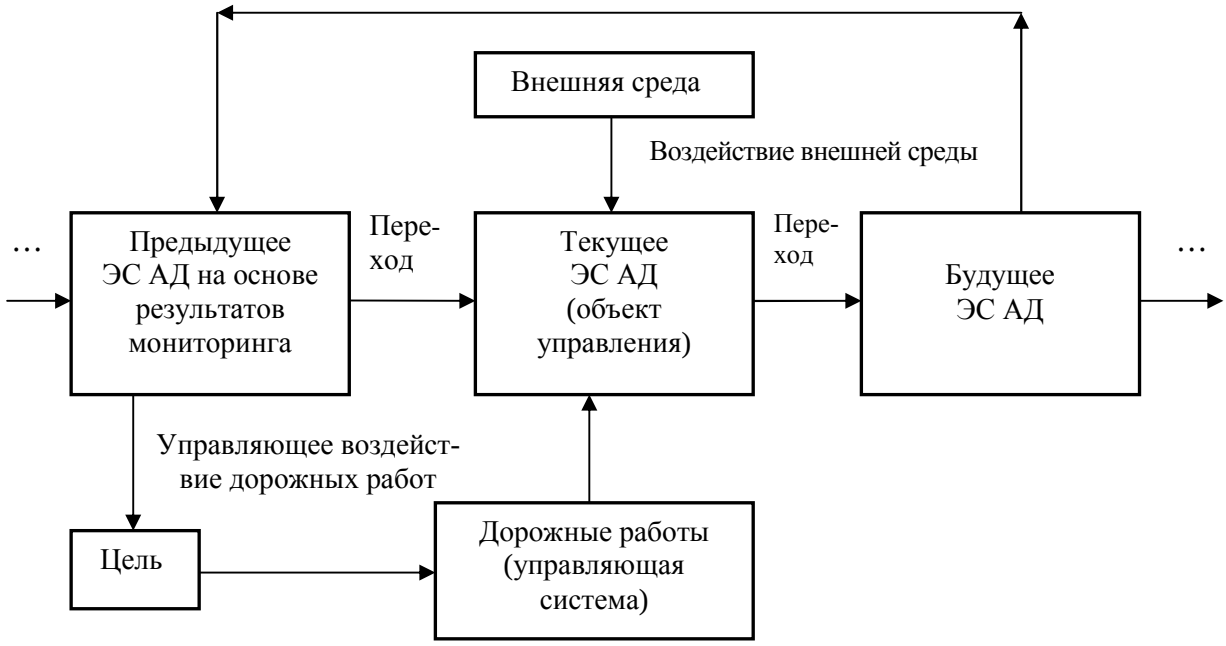

Рис. 1. Общая структура системы управления технико-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог

Объект управления представляет собой комплекс параметров и характеристик, изменяющихся под действием работ по содержанию автомобильной дороги, а также транспортно-климатических факторов. Следовательно, объектом управления является ее технико-эксплуатационное состояние.

Согласно [3], под технико-эксплуатационным состоянием автомобильной дороги подразумевается комплекс параметров и характеристик, «изменяющихся в процессе эксплуатации в результате воздействия транспортных средств, метеорологических условий и уровня содержания». Поэтому основой является обеспечение непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с высокими скоростями, допустимыми габаритами, осевыми нагрузками и общей массой в любое время года и в любых условиях погоды. Дороги предназначены для обслуживания интересов потребителей, пользователей дорожных услуг – водителей, пассажиров, владельцев автотранспортных средств и автотранспортных предприятий.

В последнее время предложен ряд показателей для оценки эргономических качеств дороги (психофизиологическое восприятие дороги водителем, уровень шума и вибрации, отражающая способность покрытий, эстетичность), а также для оценки экологических качеств дороги (уровень загрязнения придорожного пространства выбросами отработанных газов, запыленность и засоление почвы и грунтовых вод и др.).

Вопросы содержания дорог в условиях неопределенности исследовались рядом авторов, однако проблема управления состоянием автодорог в сложных погодных условиях остается актуальной с научной и практической точки зрения [5].

Первым шагом является определение ТЭП для мониторинга состояния автомобильных дорог.

Цель и постановка задачи

Целью статьи является повышение эффективности проведения мониторинга ЭС АД за счет оценки и выбора контролируемых технико-эксплуатационных показателей состояния автомобильных дорог.

Для достижения этой цели необходимо разработать модели оценки и выбора контролируемых технико-эксплуатационных показателей состояния автомобильных дорог.

Модель оценки контролируемых ТЭП

Математические модели оценки ЭС АД, должны включать в себя: определение точек

контроля и оцениваемых показателей состояния автодорог; определение плана проведения оценок показателей состоянии автодорог; реализация мониторинга состояния автодорог; экспертиза ЭС АД и рекомендации по улучшению ТЭП.

Иерархическая структура оценки точек контроля и участка автодорог представлена на рис. 2.

Рассмотрим общую постановку задачи на примере определения оцениваемых показателей состояния автодорог.

Известно:
– множество участков автодорог $U = \{U_i\}$; $i = \overline{1,i}$, где i' – число участков автодорог;

– для каждого из них – множество точек контроля $U = \{H_j^i\}; j = \overline{1, j^i}$, где j^i – число точек контроля для *i*-го участка автодорог;

– в каждой точке контроля H_j^i *i*-го участка автодорог может контролироваться множество технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) $H_j^i = \{E_{j\rho}^i\}; \rho = \overline{1,\rho^i}$, ρ^i – число контролируемых ТЭП для *j*-й точки *i*-го участка автодорог.

Введем переменную $\Psi_{ij\rho} = \{0;1\}$, где $\Psi_{ij\rho} = 1$, если выбран ρ-й контролируемый ТЭП для *j*-й точки *i*-го участка автодорог; $\Psi_{ij\rho} = 0$ – в противном случае.

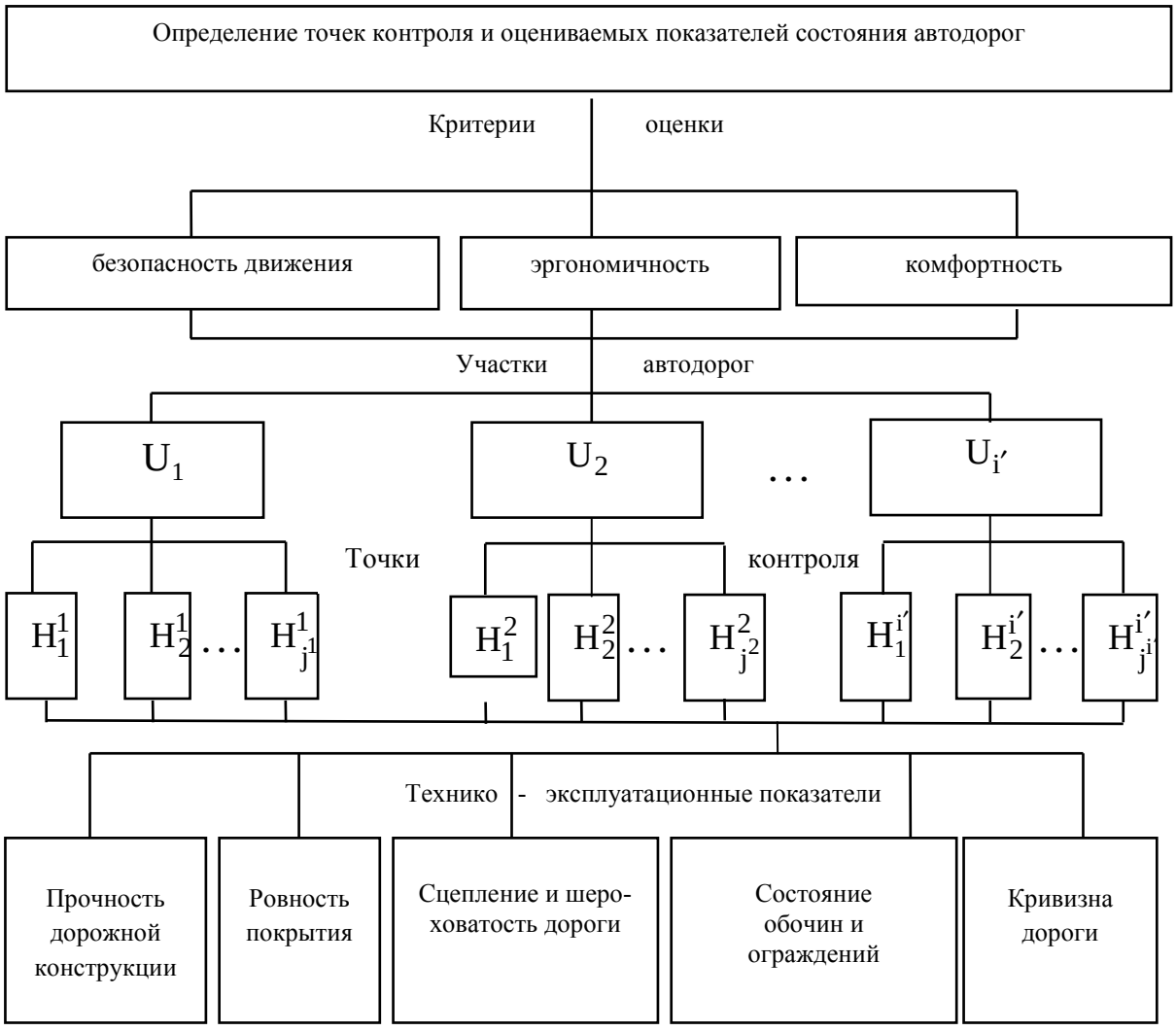

Рис. 2. Иерархическая структура оценки точек контроля и участков автодорог

Необходимо определить участки, точки контроля и контролируемые в них ТЭП по заданным функциональным и затратным критериям и ограничениям.

В качестве ТЭП могут рассматриваться:

– прочность дорожной конструкции;
– ровность покрытия;
– сцепление и шероховатость дороги;
– состояние обочин и ограждений;
– кривизна дороги.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ), который основывается на формализованных экспертных знаниях о состоянии дороги [2].

Преимуществом МАИ над большинством существующих методов оценивания альтернатив является четкое выражение суждений экспертов и лиц, принимающих решения, а также ясное представление структуры проблемы: элементов и взаимозависимостей между ними.

Метод анализа иерархий опирается на достаточно простые элементы, которые оцениваются в шкале МАИ в виде суждений экспертов. А затем на основании обработки экспертных оценок определяется относительная степень их взаимного влияния в иерархии.

Множество частных критериев оценки точек контроля:

– экологические характеристики;
– безопасность движения.

Решением рассмотренной задачи для автодорог являются коэффициенты весомости $v_{ij\rho}$ ρ-го показателя в j-ой точке контроля i-го участка автодороги, которые являются исходными данными для решения задачи выбора контролируемых ТЭП в разных точках контроля разных участков автодорог.

На основе проведенных оценок ТЭП необходимо определить эффективный показатель в определенной точке.

Модель выбора контролируемых ТЭП в разных точках контроля

Рассмотрим постановку задачи выбора контролируемых ТЭП в разных точках контроля разных участков автодорог.

Известно:

– $v_{ij\rho}$ коэффициенты весомости ρ - го показателя в j-ой точке контроля i-го участка дороги $\sum_{\rho=1}^{\rho^j} v_{ij\rho}=1; i=\overline{1,i'}; j=\overline{1,j^i}$;

– выделенный бюджет для организации проведения всех оценок C_0 и стоимость организации проведения оценки ρ-го ТЭП в j-ой точке контроля i-го участка автодороги – $c_{ij\rho}$.

Введем переменную $\chi_{ij\rho}=\{0;1\}$, где $\chi_{ij\rho}=1$, если выбран ρ-й показатель в j-ой точке контроля i-го участка автодороги, $i=\overline{1,i'}$; $j=\overline{1,j'}$; $\chi_{ij\rho}=0$ – в противном случае.

Необходимо выбрать контролируемые ТЭП в точках контроля разных участков автодорог с учетом заданных критериев и ограничений:

– минимум суммарной стоимости организации проведения всех оценок ТЭП

$$C(X)=\min\sum_{i=1}^{i'}\sum_{i=1}^{j^i}\sum_{\rho=1}^{\rho^j} c_{ij\rho}\chi_{ij\rho}, c_{ij\rho}=\left[c_{ij\rho}{}^{\text{H}}, c_{ij\rho}{}^{\text{B}}\right]; \quad (1)$$

– максимум эффективности организации проведения оценок ТЭП с учетом их весомости

$$V(X)=\max\sum_{i=1}^{i'}\sum_{j=1}^{j^i}\sum_{\rho=1}^{\rho^j} v_{ij\rho}\chi_{ij\rho}; v_{ij\rho}=\left[v_{ij\rho}^{\text{H}}; v_{ij\rho}^{\text{B}}\right]. \quad (2)$$

Область допустимых решений задается следующими ограничениями:

– суммарные затраты организации проведения всех оценок всех показателей не должны превышать выделенный бюджет C_0

$$\sum_{i=1}^{\overline{i'}}\sum_{j=1}^{\overline{j^i}}\sum_{\rho=1}^{\overline{\rho^j}} c_{ij\rho}\chi_{ij\rho} \le C_0; \qquad (3)$$

– дискретность переменных $\chi_{ij\rho}$

$$\chi_{ij\rho} = \{0;1\}; i = \overline{1,i'};\ j = \overline{1,j^i};\ \rho = \overline{1,\rho^j}; \quad (4)$$

Приведенная модель (1)–(4) относится к задачам многокритериального линейного дискретного программирования с булевыми переменными.

Для решения задачи (1)–(4), в зависимости от их размерности, используются следующие методы: для задач малой размерности – метод ветвей и границ; для задач большой размерности – метод случайного поиска экстремума.

Выводы

Разработаны модели оценки и выбора контролируемых ТЭП в разных точках контроля, которые, в отличие от существующих на основе метода анализа иерархии, позволяют принимать эффективные решения в условиях высокой степени неопределенности исходной информации.

Литература

1. Мазур И.И. Управление проектами. Справочное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2007. – 875 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
3. Эддоус М. Методы принятия решений / М. Эддоус, Р. Стенсфилд. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 68 с.
4. Петров Е. Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: навч. посібник / Е.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник. – Х.: ХДТУБА, 2002. – 284 с.
5. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения: – Действителен с 1994-07-01. – М.: Госстандарт России, 1994. – 11 с.

Рецензент: О.П. Алексеев, профессор, д.т.н. ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 25 апреля 2012 г.