

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Козлов В.Г., Кондрашова Е.В., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», (394087 г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1) rivelenasoul@mail.ru

В статье описан алгоритм моделирования процесса функционирования дороги, учитывающий дорожные условия с максимальной полнотой, позволяющий отражать показателями дорожного движения любые небольшие изменения проектных решений. Сложность процесса функционирования дороги, обусловленная случайным характером дорожного движения, потребовала включения в систему автоматизированного проектирования программ ПОТОК и ВОДИТЕЛЬ. Программа ПОТОК позволяет получать результаты моделирования случайного процесса, достаточные для оптимизации проектных решений в целом и на участках местной вариации плана, продольного профиля, обстановки пути. Многообразие дорожных условий удается классифицировать по особенностям формирования режимов движения потока. При этом использованы результаты исследования процесса движения автомобилей в потоке. Программа ВОДИТЕЛЬ оценивает профессиональное мастерство водителя транспортного средства и определяет его надежность. Одним из дополнительных модулей программы является система координированного управления дорожным движением на двухполосной дороге, позволяющая выбирать и определять каждый из управляющих параметров, а также использовать для крупномасштабных сетей более гибкую систему, основанную на применении ЭВМ. Увязывая многообразие проектных решений отдельных частей дороги, описанная программа позволяет видеть всю дорогу «в целом», оценивать возможно полнее транспортно-эксплуатационные показатели выбираемого проектного решения, анализировать и синтезировать конструкцию дороги в режиме диалога с ЭВМ, видеть дорогу в действии. Моделирование дорожного движения такой системой – это испытание конструкций дороги на ЭВМ.

Ключевые слова: автомобильная дорога, моделирование, система автоматизированного проектирования, функционирование, алгоритм, модуль, поток

SIMULATION OF TRAFFIC ON LOGGING ROADS

Kozlov V.G., Kondrashova E.V., Skrypnikov A.V., Skvortcova T.V.

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, (394087, Voronezh, Michurina, 1) rivelenasoul@mail.ru

The article describes the simulation algorithm of operation of the road, which takes into account road conditions with the maximum fullness, allowing road traffic to reflect any minor changes of design decisions. The complexity of the operation of the road due to the random nature of the traffic, demanded inclusion in the computer-aided design program flow and driver. FLOW program allows you to receive results of the simulation of a random process, sufficient to optimize design decisions in general, and in the areas of the local variations of the plan, longitudinal profile, the situation the way. The variety of road conditions fails to classify the characteristics of the formation of flow regimes. In this study we used the results of the process of movement of cars in the stream. Driver program assesses the professional skills of the driver of the vehicle and assess its reliability. One of the additional modules of the program is a coordinated system of traffic management on the two-lane road, which allows to select and define each of the control parameters and also be used for large-scale networks more flexible system based on the use of computers. Driver program assesses the professional skills of the driver of the vehicle and assess its reliability. One of the additional modules of the program is a coordinated system of traffic management on the two-lane road, which allows to select and define each of the control parameters and also be used for large-scale networks more flexible system based on the use of computers.

Keywords: road, modeling, computer-aided design, function, algorithm, a thread.

Программный проект «Информационное обеспечение» Федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России» (№ 848 от 5 декабря 2001 г.), «Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов», ФЦП «Электронная

Россия» и ряд других программ, принятых в Российской Федерации, ставят перед дорожной отраслью задачи по созданию единого информационного пространства в целях совершенствования системы принятия управленческих решений по контролю взаимодействия транспортных потоков, транспортно-эксплуатационных качеств дорог, эффективного использования научно-технического потенциала [5].

В 2004 г. авторами была создана программа моделирования процесса функционирования лесовозной автомобильной дороги в системе автоматизированного проектирования. В настоящее время модернизирован модуль ПОТОК и создан дополнительный модуль «ВОДИТЕЛЬ».

Теоретический анализ. Оптимизация проектных решений по комплексу показателей требует оценки по их результатам моделирования процесса функционирования дороги при пропуске автомобильных потоков расчетного состава и интенсивности. Основное внимание обращено на следующие особенности этой части имитационной подсистемы: во-первых, комплекс показателей имитируемого процесса функционирования дороги должен отражать все варианты параметров дороги при поисках оптимального проектного решения. Это может быть достигнуто только детальным представлением в исходных данных параметров проектных решений; во-вторых, непрерывное изменение от пикета к пикету проектируемых характеристик дороги создает по каждому варианту последовательность дорожных условий, формирующих режимы движения, присущие только данному участку дороги, данному варианту.

Введение классификации, разделяющей дорожные условия на три типа в зависимости от режима движения потока автомобилей, позволяет разработать единый алгоритм моделирования движения потока при любом сочетании элементов дороги и обстановки пути.

В-третьих, это особенно важно для двухполосных дорог (II, III, IV категорий), полная оценка проектного решения требует совместного моделирования движения потоков прямого и встречного направлений. Улучшение показателей потока прямого направления соответствующим проектированием дорожных условий может ухудшить показатели встречного потока. В процессе движения происходит непрерывное взаимодействие потоков, причем результаты такого взаимодействия проявляются и на прилегающих участках дороги. Чтобы оценить условия движения, допустим, на 10-м пикете, нужно знать показатели движения потока прямого направления на 9-м, 8-м, 7-м и так далее пикетах и показатели движения встречного потока на 10-м пикете, нужно знать показатели его движения на 11-м, 12-м, 13-м и так далее пикетах и показатели движения прямого потока на 10-м пикете. Получается замкнутый круг, который разрешен в программе ПОТОК соответствующим алгоритмом итерационного моделирования, позволяющим за 2–3 итерации быстро достичь

установившиеся (по итерациям) характеристики обоих потоков. Каждая итерация заключается в «прогонке» программ моделирования по участку дороги в прямом и обратном направлениях. При каждой итерации уточняются характеристики режимов движения на каждом пикете прямого направления, которые служат данными для моделирования обратного направления движения. При первой «прогонке» характеристики встречного потока вычисляются по эмпирическим формулам [6–8].

В-четвертых, поскольку движение автомобилей является случайным процессом, показатели этого движения в целом по участку дороги и, что особенно важно для оптимизации проектных решений, попикетные показатели должны быть получены как результат моделирования случайного процесса (рис. 1). Поэтому в алгоритме программы решены следующие задачи: моделирование попикетного распределения скорости свободного движения типовых автомобилей (по результатам попикетного расчета параметров распределения скорости и дисперсии); установление режима движения потока на каждом пикете в соответствии с дорожными условиями (стационарный, переходные); расчет функций распределения скорости типовых автомобилей в потоке на каждом пикете (необходимые для этого моделирования распределения интервалов, расчет возможности обгона, вероятности свободного движения и т.д.); расчет показателей движения автомобилей в потоке, необходимых для оценки проектного решения (скорости автомобилей типовых групп, коэффициент безопасности, составляющие себестоимости перевозок, расход топлива, эмиссию токсичных веществ и т.п.).

Методика. Данными для программы ПОТОК служат результаты работы программы ПРОФИЛЬ, СОСТАВ, ТРАССА, находящиеся в рабочем файле, и данные, необходимые для технико-экономических расчетов.

Данные программы ПРОФИЛЬ: массив средних значений уклонов на пикетах, массив расстояний видимости встречного автомобиля, данные о плане и продольном профиле. Данные программы ТРАССА: попикетные значения средних значений свободного движения и дисперсии скорости, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, основных типовых автомобилей; попикетные значения классификации дорожных условий по возможности обгона; данные о проезжей части и об обстановке в пути. Данные для технико-экономических расчетов: интенсивность потоков в расчетном году; календарный и расчетный годы [2, 13].

Результаты работы программы ПОТОК выводятся в различном виде в зависимости от управляющих параметров режима ввода. Средние значения для каждого направления: скорость и время движения, расход топлива, эмиссия токсичных веществ, приведенные к СО; сводка затрат на перевозки в целом и по видам затрат в сутки и в расчетном году для

каждого направления; эпюры скорости основных типов автомобилей в потоке, совмещенные с коэффициентом безопасности; средние значения для каждого направления и для каждого типового автомобиля: скорости, времени движения, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, затрат на перевозки в целом и по видам затрат; попикетные значения для каждого автомобиля: скорости, расхода топлива, себестоимости перевозок в целом и по видам затрат, эмиссии токсичных веществ; распределение скорости свободного движения и в потоке [5, 12].

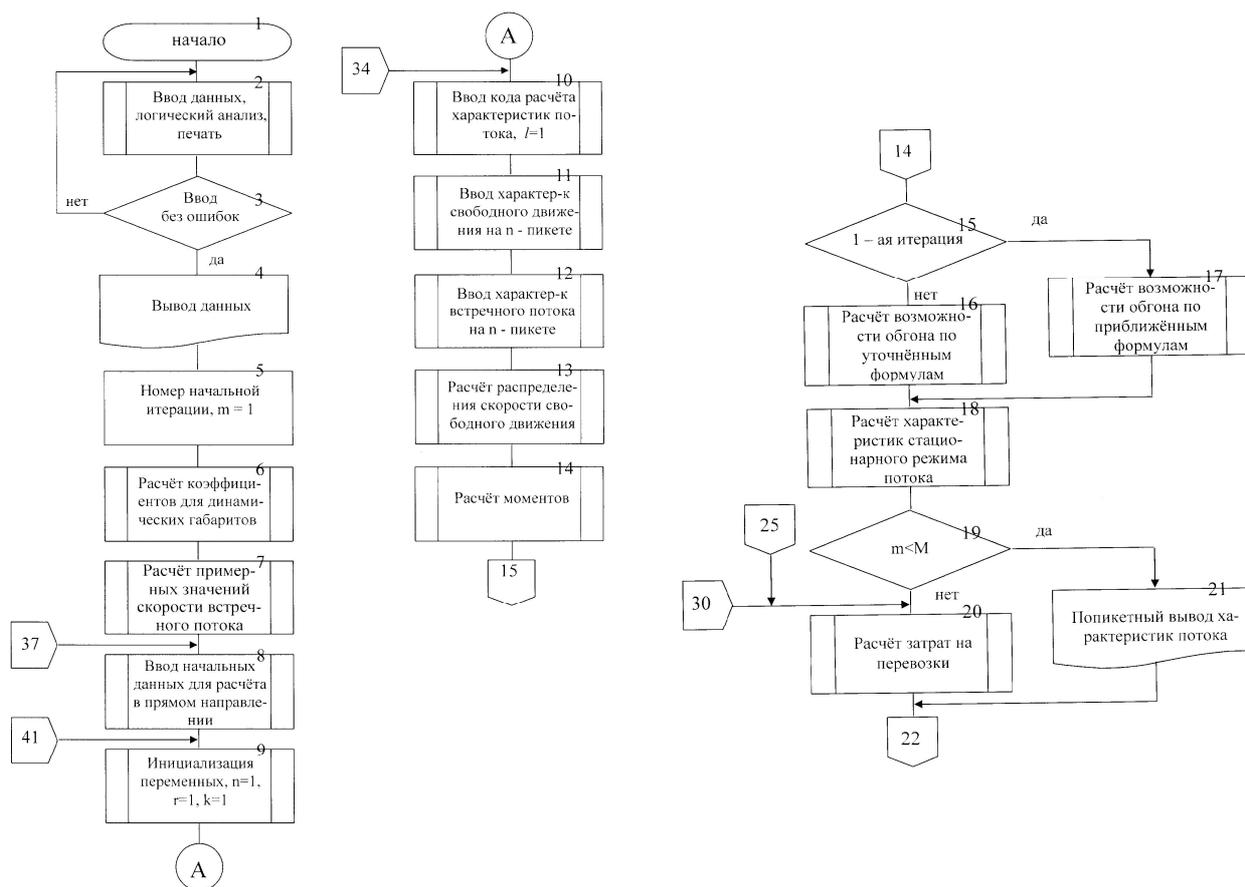


Рис. 1. результат моделирования случайного процесса

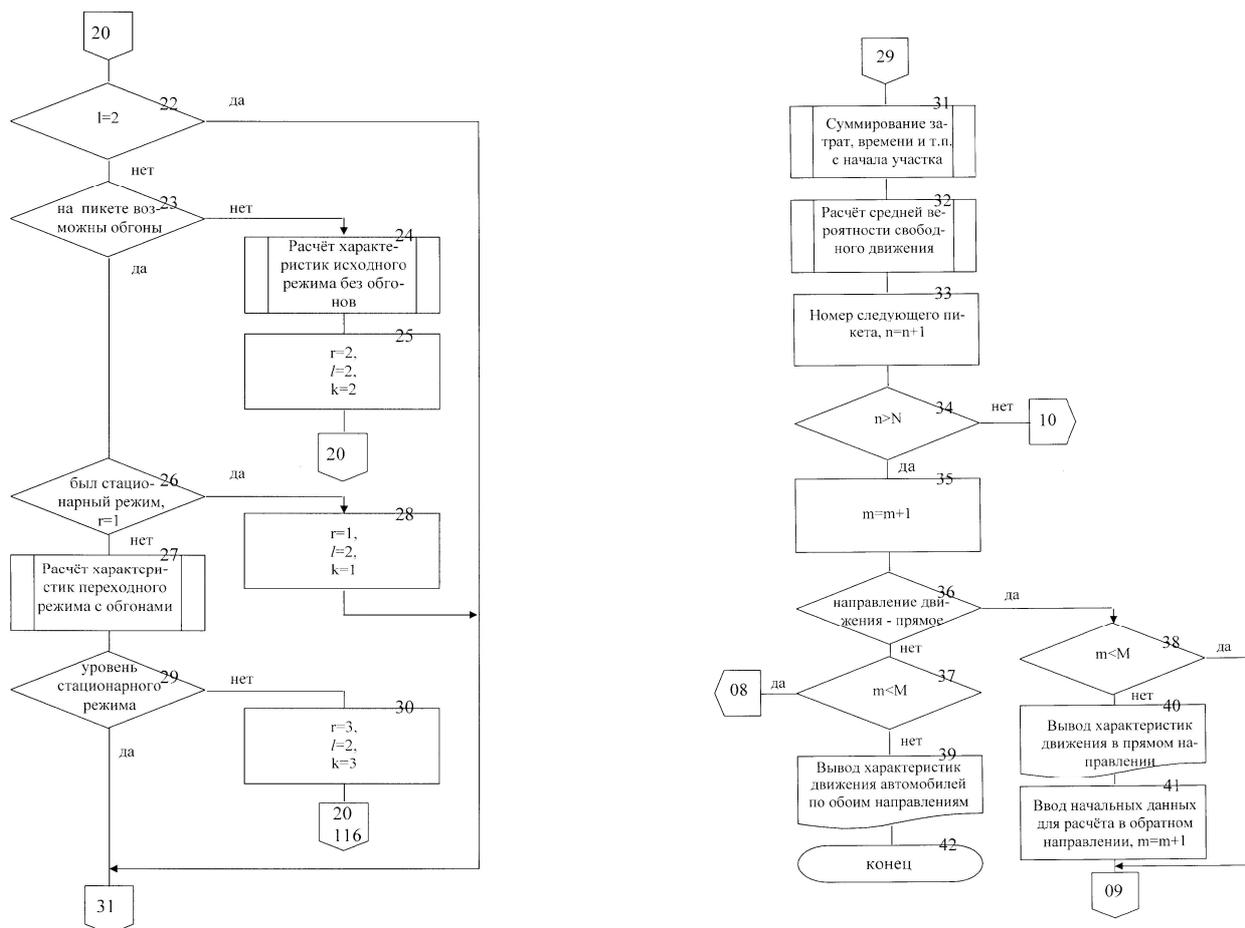


Рис. 2. Блок-схема программы ПОТОК

Попикетные значения в среднем для потока: распределение скорости свободного движения; распределение скорости автомобилей в потоке; распределение интервалов между автомобилями; вероятности обгонов; тип режима движения потока; плотность потока и его средняя скорость [3].

Разработанная программа «ВОДИТЕЛЬ» выполняет оценку надежности водителя по интегральному показателю, включающему расход топлива, безопасность, равномерность движения. Один из модулей программы (рис. 3) выполняет управление дорожным движением на двухполосной дороге с учетом обгонов и отслеживанием возможных аварийных ситуаций.

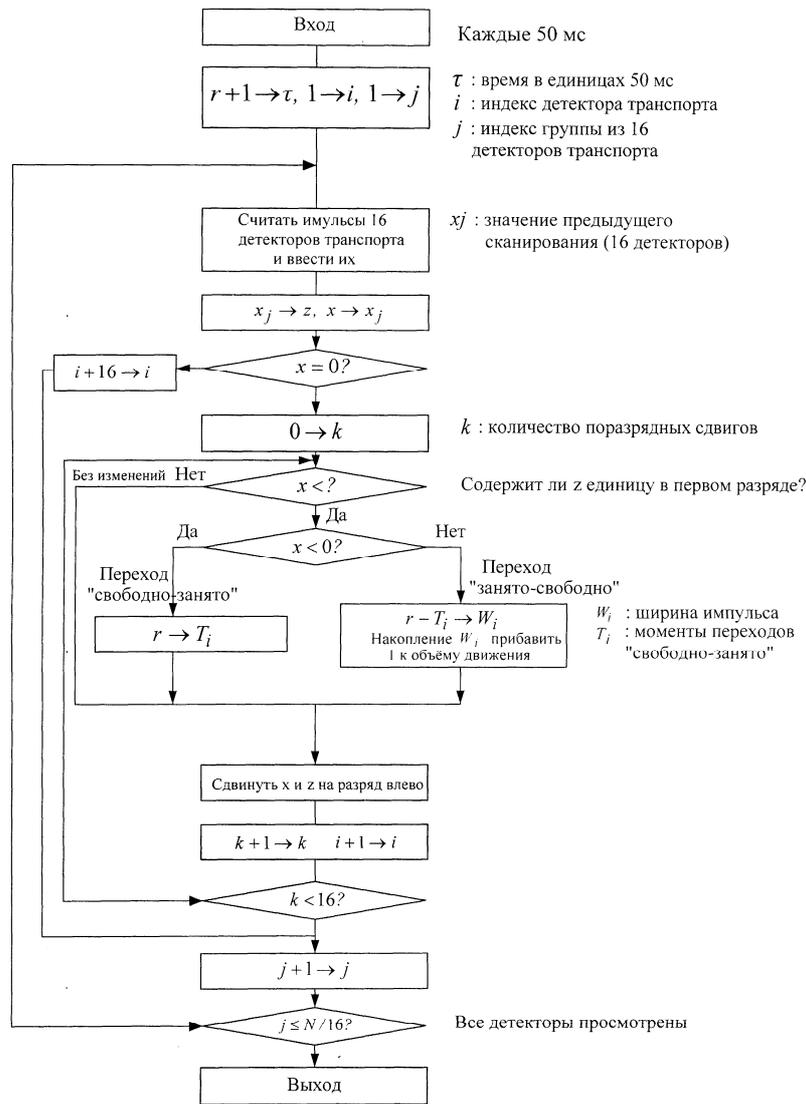


Рис. 3. Модуль сканирования информации, полученной с детекторов транспорта программы «ВОДИТЕЛЬ»

Предложены критерии оценки профмастерства водителей лесовозных автотранспортных средств, а именно безопасность, производительность, экономичность, позволяющие на основании данных бортовой регистрирующей аппаратуры производить расчеты как частных оценочных показателей работы водителей, так и интегрального показателя, характеризующего профмастерство водителя в целом [5].

Для характеристики мастерства водителя в целом применяется интегральный показатель

$$K = K_B \cdot K_{\Pi} \cdot K_D \cdot K_{\text{эс}}, \quad (1)$$

где K_B — показатель, характеризующий безопасность управления транспортным средством (ТС), оцениваемый безошибочностью работы водителя, степенью равномерности движения по продольной и поперечной осям автопоезда; K_{Π} — показатель производительности

перевозок, оцениваемый средней скоростью движения автопоезда; K_d — совокупный показатель оценки мастерства управления ТС с точки зрения экономичности, оцениваемый равномерностью работы двигателя, расходом топлива за время движения, точностью пользования коробкой передач; $K_{эс}$ — показатель оценки поведения водителя в экстремальных ситуациях, определяемый при тестировании испытуемого с помощью автоматизированного комплекса.

Учитывается не только количество совершенных водителем ошибочных действий, но и степень их опасности, характеризующаяся уровнем самой ошибки и объемом ее действия

$$K_B = \frac{K_H + K_{pa_x} + K_{pa_y}}{3}, \quad (2)$$

где $K_H = 1/K_{ош}$ показатель безошибочности работы водителя; $K_{ош}$ складывается из частных показателей ошибочного выполнения отдельных операций транспортного процесса:

$$K_{ош} = \left(1 + \frac{\Pi_{ош(р.т)}}{S}\right) \frac{\Pi_{ош(р.т)}}{T_{ош(р.т)}^2 \cdot j_{доп(р.т)}} + \left(1 + \frac{\Pi_{ош(п)}}{S}\right) \frac{\Pi_{ош(п)}}{T_{ош(п)}^2 \cdot j_{доп(п)}} + \left(1 + \frac{\Pi_{пс}}{S}\right) \frac{\Pi_{пс}}{T_{пс} \cdot v_{разр}},$$

где $\Pi_{ош(р.т)}$, $\Pi_{ош(п)}$ — объем ошибочных действий при выполнении разгонов и торможений и поперечных маневров соответственно, определяются

$$\Pi_{ош(р.т),(пп)} = \sum_{i=1}^{M_{ош(р.т),(пп)}} T_{ош(р.т),(пп)} \int_0^{j_{ош(р.т),(пп)}} j_{ош(р.т),(пп)} dt \cdot \sum_{i=1}^{M_{ош(р.т),(пп)}} T_{ош(р.т),(пп)} i, \quad \text{где } M_{ош(р.т),(пп)} —$$

количество неверно выполненных разгонов, торможений и поперечных маневров;

$\sum_{i=1}^{M_{ош(р.т),(п)}} T_{ош(р.т),(пп)}$ — общая продолжительность движения ТС с продольными и

поперечными ускорениями; $\sum_{i=1}^{M_{ош(п)}} T_{ош(п)} \int_0^{j_{ош(п)} i} j_{ош(п)} i dt$ — сумма интегралов от кривых $j_{ош(п)} i$

по времени; $\Pi_{пс} = \sum_{i=1}^{M_{пс}} T_{пс} \int_0^{v_{оши} i} v_{оши} i dt$ — объем превышений разрешенной скорости движения;

$T_{пс} = \sum_{i=1}^{M_{пс}} T_{пс} i$ — общая продолжительность движения ТС с превышением разрешенной скорости.

Степень равномерности движения по продольной оси представляет степень отклонения

мгновенной скорости движения от ее среднего значения $K_{pa_x} = \frac{2M_{(т-о)} \cdot v_{ср}}{(L_v - L_{л})m_v}, (3).$

Степень равномерности движения по поперечной оси представляет степень отклонения мгновенных значений центростремительного ускорения от его порогового значения

$$K_{\text{рау}} = \frac{M_{\Pi} \cdot j_{\text{ц0}}}{(L_{\text{жу}} - L_{\text{л}}) \cdot m_{\text{жу}}}, \quad (4)$$

где $M_{(\text{T-O})}$ — число циклов «трогание—остановка» автопоезда; M_{Π} — количество поворотов на маршруте; $j_{\text{ц0}}$ — пороговое значение центростремительного ускорения.

Производительность перевозок оценивается полезной работой, совершенной автопоездом в единицу времени [4]

$$K_{\Pi} = \frac{v_{\text{ср}}}{v_{\text{срб}}}, \quad (5)$$

где $v_{\text{ср}}$ — величина средней скорости движения, достигнутая на маршруте испытуемым водителем; $v_{\text{срб}}$ — базовая величина средней скорости движения транспортного средства.

Совокупный показатель оценки мастерства управления ТС с точки зрения экономичности

$$K_{\text{д}} = \frac{K_{\text{рд}} + K_{\text{кп}} + K_{\text{Q}}}{3}, \quad (6)$$

где $K_{\text{рд}} = \frac{2M_{(\text{T-O})} \cdot n_{\text{ср}}}{(L_{\Pi} - L_{\text{л}}) \cdot m_{\Pi}}$ — показатель оценки степени равномерности работы двигателя;

$K_{\text{кп}} = 1 + \frac{i'_{\text{кв}} - i'_{\text{к}}}{i'_{\text{кв}}}$ — безразмерный показатель оценки степени правильности пользования

коробкой передач; $K_{\text{Q}} = \frac{Q_{\text{с}}}{Q}$ — показатель экономичности управления ТС по расходу топлива.

Выделены основные принципы оценки поведения водителей в экстремальных условиях: быстрая адаптация к различным уровням деятельности, интегральная оценка статуса испытуемого, прогноз пригодности к управлению ТС в любых условиях и при любых видах перевозок. С целью классификации каждого испытуемого в векторном представлении изображали вектором или точкой x -х (x_1, x_2, \dots, x_{62}) в 62-мерном векторном пространстве признаков x . Затем был оценен полученный в результате обследования водителей исходный материал методом линейного факторного анализа [9–11].

Результаты. Увязывая многообразие проектных решений отдельных частей дороги, описанная программа позволяет видеть всю дорогу «в целом», оценивать возможно полнее транспортно-эксплуатационные показатели выбираемого проектного решения,

анализировать и синтезировать конструкцию дороги в режиме диалога с ЭВМ, видеть дорогу в действии. Моделирование дорожного движения такой системой – это испытание конструкций дороги на ЭВМ.

Список литературы

1. Автоматизированный расчет загрязнения почвы придорожной полосы автотранспортными выбросами свинца / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова, Е.В. Кондрашова. – Деп. в ВИНТИ. Воронеж. гос. лесотехн. акад. № 560-В2003 от 28.03.2003. – 35 с.
2. Автоматизированный расчет уровня загрязнения поверхностного стока на автомобильной дороге / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова, Е.В. Кондрашова. – Деп. в ВИНТИ. Воронеж. гос. лесотехн. акад. №569-В2003 от 28.03.2003. – 15 с.
3. Автоматизированный расчет уровня параметрического загрязнения окружающей среды объектами автомобильно-транспортного комплекса / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова. – Деп. в ВИНТИ. Воронеж. гос. лесотехн. акад. № 570-В2003 от 28.03.2003. – 22 с.
4. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, В.Н. Логачев, А.И. Викулин. – Деп. в ВИНТИ № 420-В2011 от 26.09.2011. – 156 с.
5. Кондрашова Е.В. Определение эффективности транспортной работы лесовозной автомобильной дороги // Бюллетень транспортной информации, 2009. - № 9. – С. 25–27.
6. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог / Е.В. Кондрашова, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова // Фундаментальные исследования, 2011. - № 8-2. – С. 379–385.
7. Повышение эффективности обследования автомобильных дорог в районах лесозаготовок: монография / В.К. Курьянов, Е.В. Кондрашова, Ю.В. Лобанов. – М.: Российская Академия Естествознания, 2010. – 132 с.
8. Скворцова Т.В. Влияние дорожных условий на режимы движения лесовозного автотранспорта: монография / Т.В. Скворцова, Е.В. Кондрашова. – Деп. в ВИНТИ № 55-В2010 от 28.01.2010. – 215 с.
9. Скрыпников А.В. Алгоритм поиска оптимального транспортного плана с оптимизацией вывозки лесопродукции / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2011. - № 9. – С. 34–41.
10. Скрыпников А.В. Повышение уровня безопасности технологических процессов в

агропромышленном комплексе / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, В.И. Орбинский. – Деп. в ВИНТИ. Воронеж. гос. лесотехн. акад. № 255-В2012 от 28.05.2012. – 65 с.

11. Трофимов Ю.И. Макроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж, 2006. – С. 167–176.

12. Трофимов Ю.И. Микроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж, 2006. – С. 177–182.

13. Условия труда водителей автомобилей. Токсичные вещества в кабинах / В.К. Курьянов, Е.В. Кондрашова, А.В. Скрыпников, Т.В. Скворцова // Проблемы функционирования, стабилизации и устойчивости развития предприятий лесопромышленного комплекса в новом столетии: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2004. – С. 198–203.

Рецензенты:

Афоничев Д.Н., д.т.н., заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж;

Астанин В.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.