

УДК 519.71

**Тананаев Денис Дмитриевич, Шагрова Галина Вячеславовна,  
Кожевников Виктор Иванович**

## **МОДИФИКАЦИЯ ОДНОМЕРНОЙ СКРЫТОЙ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ШИН АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА**

*В работе представлен статистический метод распознавания эксплуатационного состояния шин автомобильного колеса, основанный на модификации одномерной скрытой Марковской модели.*

*Ключевые слова: шум шин, скрытая Марковская модель, распознавание, эксплуатационное состояние шины.*

**Tananaev Denis Dmitrievich, Shagrova Galina Viacheslavovna, Victor Ivanovich Kozhevnikov**  
**MODIFICATION OF ONE-DIMENSIONAL HIDDEN MARKOV MODEL  
FOR DETECTING THE CONDITION OF TIRES AUTOMOBILE WHEELS**

*This paper presents a statistical method of detecting the condition of tires automotive wheels, based on a modification of the one dimensional hidden Markov models.*

*Key words: tire noise, hidden Markov model, pattern recognition, tire condition.*

Необходимость диагностирования эксплуатационного состояния шины автомобильного колеса, её давления температуры и того, что наиболее важно, – скрытых дефектов заложенных в конструкции при изготовлении покрышки или же приобретенных при эксплуатации автомобильного колеса, делает задачу распознавания сигналов и шумов шин автомобильных колес актуальной.

Рассмотрим схему распознавания эксплуатационного состояния шины в процессе движения автомобиля на основе анализа шумов шин, предполагая, что шум шины несет в себе информацию о её эксплуатационном состоянии. Представим эту информацию в виде последовательности символов (рис. 1).

Для получения информации об эксплуатационном состоянии автомобильной шины необходимо проанализировать звуковой сигнал, представляющий собой шум, который получен в результате движения шины.

Для проведения анализа полученный звуковой сигнал преобразуем в последовательность дискретных векторов одинаковой размерности, предполагая, что шум шины длительностью 10 миллисекунд является стационарным [1].

Получение однозначного соответствия между последовательностью наблюдений (в нашем случае шумов шин) и последовательностью эксплуатационных состояний шины представляет собой трудную задачу. Так как с одной стороны различным эксплуатационным состояниям могут соответствовать звуковые сигналы с практически одинаковыми характеристиками. А с другой стороны для одних и тех же

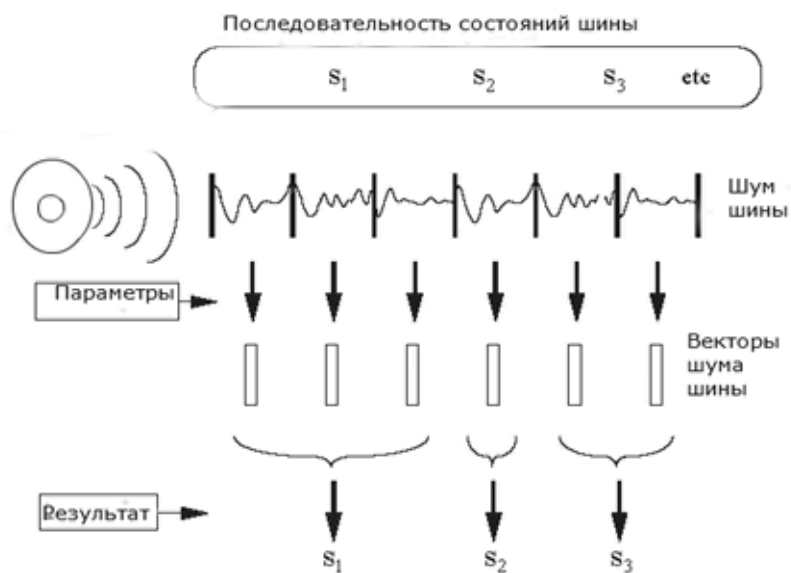


Рис. 1. Схема распознавания шумов шин;  $S_1, S_2, S_3$  – эксплуатационные состояния шины в процессе движения автомобиля

эксплуатационных состояний шины характерны различные звуковые сигналы, получаемые при движении автомобиля: по дорогам с разным покрытием; с разной скоростью; в окружающей среде с различной температурой и т.д. Кроме того, границы перехода между эксплуатационными состояниями шины сложно точно определить, так как невозможно представить последовательность эксплуатационных состояний шин в виде последовательности статических наблюдений. Однако при диагностировании конкретных дефектов автомобильных шин на стадии производства и технического обслуживания анализируемый звуковой сигнал, представляющий собой шум автомобильной шины, соответствует одному эксплуатационному состоянию (рис. 2).

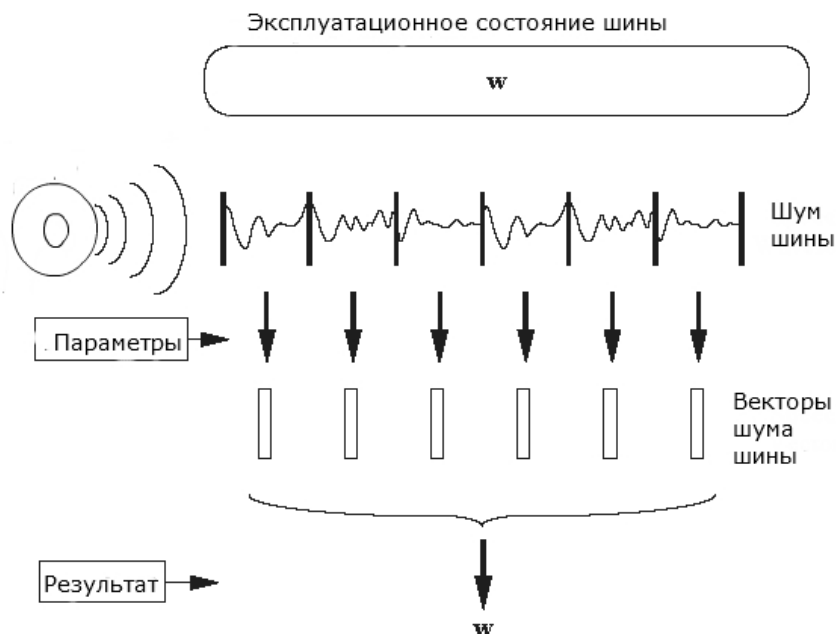


Рис. 2. Схема распознавания одного эксплуатационного состояния по шуму шины;  $w$  – эксплуатационное состояние

Положим в основу методики определения эксплуатационного состояния шины алгоритм распознавания сигнала на примере одного состояния [3].

Пусть определяемое эксплуатационное состояние представлено случайной дискретной величиной, заданной последовательностью наблюдений  $O$ , определяемых как:

$$O = o_1, o_2, \dots, o_T, \quad (1)$$

где  $o_T$  – наблюдение в момент времени  $T$ .

Проблема распознавания диагностируемого эксплуатационного состояния сводится к определению следующего выражения:

$$\arg \max_i \{P(w_i / O)\}, \quad (2)$$

где  $w_i$  – диагностируемое эксплуатационное состояние шины.

$P(w_i / O)$  – вероятность нахождения шины в эксплуатационном состоянии  $w_i$ , при условии последовательности наблюдений  $O$  (шумов шины).

Вероятность  $P(w_i / O)$  рассчитываем, используя правило Байеса:

$$P\left(\frac{w_i}{O}\right) = \frac{P\left(\frac{O}{w_i}\right)P(w_i)}{P(O)}, \quad (3)$$

где  $P(O / w_i)$  – вероятность последовательности наблюдений  $O$ , при условии нахождения в эксплуатационном состоянии  $w_i$ ;  $P(w_i)$  – вероятность нахождения шины в эксплуатационном состоянии  $w_i$ ;  $P(O)$  – вероятность появлений последовательности наблюдений  $O$ .

С учетом размерности векторов последовательности наблюдений  $O$ , вероятность последовательности наблюдений имеет вид  $P(o_1, o_2, \dots / w_i)$ , и её можно вычислить, используя Скрытые Марковские модели, так как проблема расчета вероятности наблюдений  $P(O / w_i)$  заменяется более простой проблемой расчета параметров Марковской модели [4].

В основе алгоритма распознавания лежит предположение, что каждому эксплуатационному состоянию шины соответствует своя Скрытая Марковская модель (СММ) (рис. 3). Скрытая Марковская модель представляет собой стохастический процесс, состоящий из пары случайных процессов, один из которых является основным и ненаблюдаемым. Данный процесс представлен на

рис. 3 матрицей переходных вероятностей  $A = \{a_{ij}\}$ . Второй представлен вероятностями появления символов наблюдения в состоянии  $j$ ,  $b_j(O_t)$  [3].

На рис. 3 представлен пример Марковского процесса, обладающего шестью состояниями  $X$  и предназначенного для моделирования одного эксплуатационного состояния шины. Как видно из рисунка, первое и последнее состояние в СММ не имеют векторов с наблюдениями. Это сделано для облегчения построения композитных моделей (рис. 4).

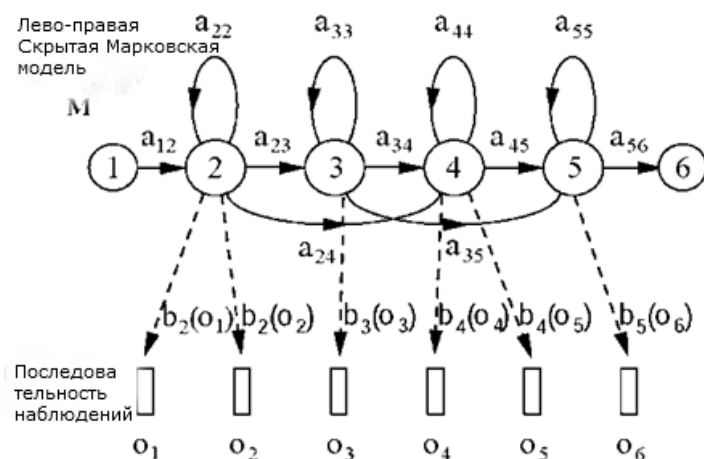


Рис. 3. Лево-правая Скрытая Марковская модель для распознавания сигналов шин автомобильных колес

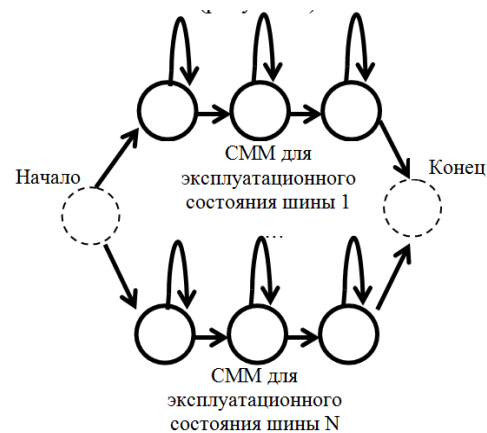


Рис. 4. Схема композитной модели

Вероятность  $P(O, X / M)$  появления последовательности  $O$  для модели  $M$  вычисляется как произведение переходных вероятностей скрытой части модели и вероятностей появления символов наблюдения в состоянии  $j$ . Т. е. для последовательности состояний  $X$  имеем:

$$P(O, X / M) = a_{12}b_1(o_1)a_{22}b_2(o_2)a_{23}b_3(o_3)\dots \quad (4)$$

Однако на практике известна только последовательность наблюдений  $O$ , а последовательность состояний  $X$  скрыта.

Принимая, что последовательность  $X$  неизвестна, искомая вероятность находится путем суммирования всех возможных последовательностей состояний  $X = x(1), x(2), x(3), \dots, x(T)$ , так что:

$$P(O / M) = \sum_X a_{x(0)x(1)} \prod_{t=1}^T b_{x(t)}(o_t) a_{x(t)x(t+1)}, \quad (5)$$

где  $x(0)$  – начальное состояние модели, а  $x(T+1)$  – конечное состояние модели.

Вероятность  $P(O / M)$  может быть аппроксимирована только одной наиболее вероятной последовательностью состояний  $\hat{P}(O / M)$ :

$$\hat{P}(O / M) = \max_X \left\{ a_{x(0)x(1)} \prod_{t=1}^T b_{x(t)}(o_t) a_{x(t)x(t+1)} \right\}. \quad (6)$$

Имея совокупность моделей  $M_i$ , соответствующих различным эксплуатационным состояниям шины  $w_i$  в выражение (3) производим следующую замену

$$P\left(\frac{O}{w_i}\right) = P\left(\frac{O}{M_i}\right). \quad (7)$$

Естественно, это возможно лишь в том случае, если параметры матрицы переходных вероятностей  $\{a_{ij}\}$  и вероятности появления символов наблюдения в состоянии  $j$ ,  $\{b_j(o_t)\}$  известны для каждой модели  $M_i$ . При наличии набора записей шумов автомобильных шин для обучения моделей распо-

знания параметры этой модели могут быть найдены автоматически путем перерасчета. Для этого необходимо значительное число данных или записей звуков шин для каждого диагностируемого состояния (скрытого дефекта), для построения моделей, учитывающих разность звучания шин с одним и тем же диагностируемым состоянием. Сначала модели обучаются для каждого звучания эксплуатационного состояния шины, с использованием всего набора тренировочных данных. После этого на этапе распознавания неизвестного звучания шины рассчитывается вероятность для каждой модели, и модель с наибольшей вероятностью идентифицирует и соотносит это звучание с тем эксплуатационным состоянием, на которое она была обучена (рис. 4).

Рассмотрим более подробно вероятности появления символов наблюдения в состоянии  $j \{b_j(o_i)\}$ . СММ используются в первую очередь с целью моделирования параметров с помощью непрерывной плотностью многомерных распределений или, в нашем случае, наблюдений шумов шин. Эти модели так же используются для последовательностей наблюдений состоящих из дискретных символов, в данном случае вероятность также имеет свойство дискретности. Для простоты изложения мы примем, что работаем с непрерывной последовательностью наблюдений.

Как и большинство других систем с непрерывной плотностью распределения, СММ представляется распределениями на выходе смешанными Гауссианами (GaussianMixtureDensities).

Каждое наблюдение в момент времени  $t$  разбивается на  $S$  независимых потоков данных  $o_{st}$ . Отсюда формула расчета вероятности появления символов наблюдения в состоянии  $j$  имеет вид:

$$b_j(o_t) = \prod_{s=1}^S \left[ \sum_{m=1}^M c_{jsm} N(o_{st}; \mu_{jsm}, \sum_{jsm}) \right]^{\gamma_s}, \quad (8)$$

где  $M_s$  – число смешанных компонентов в потоке  $s$ ,  $c_{jsm}$  – вес  $j$ -го компонента и  $N(o_{st}; \mu_{jsm}, \sum_{jsm})$  – мультивариационный Гауссиан с вектором средних значений  $\mu$  и матрицей ковариации  $\sum$ , такой что:

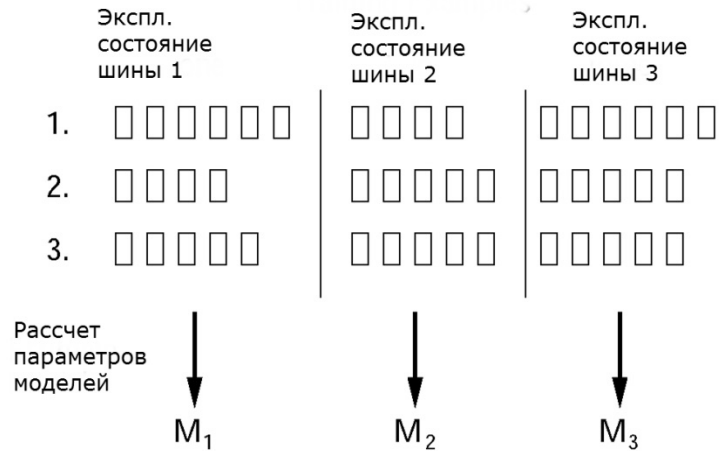
$$N(o_{st}; \mu_{jsm}, \sum_{jsm}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |\sum|}} e^{-\frac{1}{2}(o-\mu)' \sum^{-1} (o-\mu)}, \quad (9)$$

где  $n$  – размерность векторов  $o$ .

Степень  $\gamma_s$  – вес потока – определяется экспериментально. Этот параметр задается в случае, когда данные шума шин поступают в несколько потоков (например, в 2 потока при использовании современных стереомикрофонов).

Обобщая все сказанное выше, можно заключить, что в данной работе была рассмотрена задача определения и распознавания шума автомобильной шины с целью определения её эксплуатационного состояния; описан механизм распознавания, основанный на базе Скрытых Марковских мо-

#### (а) Обучение моделей



#### (б) Распознавание

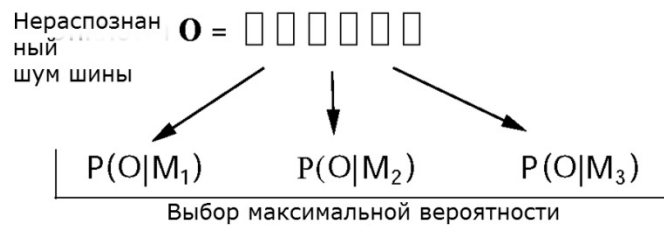


Рис. 4. Схема работы механизма обучения и распознавания шумов шин

делей, а так же рассмотрен механизм расчета появления символов наблюдения в состоянии  $j, b_j(o_t)$  в нашем случае шумов шин.

#### Литература

1. Анализ акустического шума автомобильной шины при помощи программных комплексов LMS Virtual.LabAcoustic, Abaqus и FlowVision / А. Н. Варюхин [и др.] // Сапгрифика. 2005. № 12.
2. Huang X. HiddenMarkovModelsforSpeechRecognition / X. Huang, D. Y. Ariki, M. A. Jack. Edinburg: EdinburgUniversity Press, 1990.
3. Rabiner L. R. A tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition // ProceedingsoftheIEEE. Vol. 77. February 1989. № 2. P. 257–284.
4. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание: пер.с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
5. Baum L. E. An inequality and associated maximization technique in statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes // Inequalities. Vol. 3. 1972. P. 1–8.

УДК 004.853

**Федуро Станислав Игоревич, Хвостова Ирина Петровна**

## ОСОБЕННОСТИ, ФОРМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

*В статье рассматривается вопрос становления новой системы образования в России. Внедрение дистанционного обучения в образовательный процесс значительно повышает его эффективность. В статье излагаются особенности дистанционного обучения, формы занятий при дистанционном обучении, представлены типовые структуры Системы онлайн-обучения и Портала Системы онлайн-обучения. Для предоставления услуг на коммерческой основе в области дистанционного обучения на базе Интернет предложено несколько бизнес-моделей.*

*Ключевые слова: дистанционное обучение, образование, обучающийся, преподаватель, онлайн-обучение.*

**Feduro Stanislav Igorevich, Khvostova Irina Khvostova**  
**FEATURES, FORMS AND DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES**

*In this article the question of formation of a new education system in Russia is considered. Introduction of distance learning in educational process considerably increases its efficiency. In article features of distance learning, a form of occupations are stated at distance learning, standard structures of System of on-line training and the Portal of System of on-line training are presented. For service on a commercial basis in the field of distance learning on base the Internet some business models are offered.*

*Key words: distance learning, the education, being trained, the teacher, on-line training.*

Становление новой системы образования в России сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса. Это связано с внесением коррективов в содержание технологий обучения, которые должны быть адекватны современным техническим возможностям и должны способствовать гармоничному вхождению человека в информационное общество.

Внедрение компьютерных технологий в обучение является неотъемлемой частью целостного образовательного процесса, значительно повышающей его эффективность [3].

Особенностями дистанционного обучения (ДО) являются [2]:

1. Гибкость. Обучающиеся в основном не посещают регулярные занятия в виде лекций, семинаров. Каждый может учиться столько, сколько ему лично необходимо для освоения дисциплины и получения необходимых знаний по выбранной специальности.

2. Модульность. В основу программ ДО закладывается модульный принцип. Каждая отдельная дисциплина или ряд дисциплин, которые освоены обучающимся, создают целостное представление об определенной предметной области. Это позволяет из набора независимых учебных курсов формировать учебный план, отвечающий индивидуальным или групповым потребностям студента.

3. Параллельность. Обучение может совмещаться с основной профессиональной деятельностью, т. е. «без отрыва от производства».