

гда  $Z=0.05$ ;

Для коэффициента логической сложности система правил будет аналогичной. Поверхности, характеризующие зависимость коэффициентов от входных величин приведены на рис. 2.

Оценим степень точности полученных моделей на примере определения коэффициентов для алгоритма диагностирования карбюраторного двигателя:

$$\Delta Z = \frac{Z_{\text{мод}} - Z_{\text{теор}}}{Z_{\text{мод}}} 100 = \frac{0.861 - 0.83}{0.861} 100 = 4\%$$

$$\Delta L = \frac{L_{\text{мод}} - L_{\text{теор}}}{L_{\text{мод}}} 100 = \frac{0.06 - 0.04}{0.06} 100 = 3\%$$

По результатам оценки точности можно сделать вывод, что она достаточна для предварительной оценки параметров алгоритма на стадии проектирования оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, В.И. Анализ деятельности водителя в процессе управления автомобилем / В.И. Васильев, Дик И.И. // Темат. сб. науч. тр. – Челябинск, ЧГТУ, 1990. – с. 121-124.
2. Каран, Е.Д. «Алгоритмы труда операторов дорожных машин» / Е.Д. Каран, Ю.О. Бобылев, Н.М. Терентьева. – М.: МАДИ. - 1981г/
3. Рыбин, В.В. Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики. – М.: МАИ, 2007. – 252 с.
4. Zadeh, L.A. Fuzzy set // Information and control.-1965.-N 8.-P. 338.

Авторы статьи:

Овсянников  
Виктор Евгеньевич,  
канд. техн. наук, доцент каф. «Инноватики и менеджмента качества»  
(Курганский государственный университет), email:  
[ypanz12@rambler.ru](mailto:ypanz12@rambler.ru).

Васильев  
Валерий Иванович,  
доктор техн. наук, профессор, зав. каф. «Автомобильный транспорт и сервис» (Курганский государственный университет), email: [vvjpror@kgsu.ru](mailto:vvjpror@kgsu.ru).

УДК 621.19

В.Е. Овсянников

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В работах [2,7] было установлено, что шероховатость обработанной поверхности возможно оценивать при помощи фрактальной размерности, которая определялась при помощи показателя Херста. Однако данный метод определения фрактальной размерности можно использовать только для регулярных профилей (например, для поверхностей, обработанных точением). В случае когда поверхность является нерегулярной (например, шлифованная), необходимо использовать другие методы.

Как показывают последние исследования [6], для определения фрактальной размерности можно применять и вейвлет-анализ. Коэффициенты вейвлет-преобразования вычисляются следующим образом [6]:

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx,$$

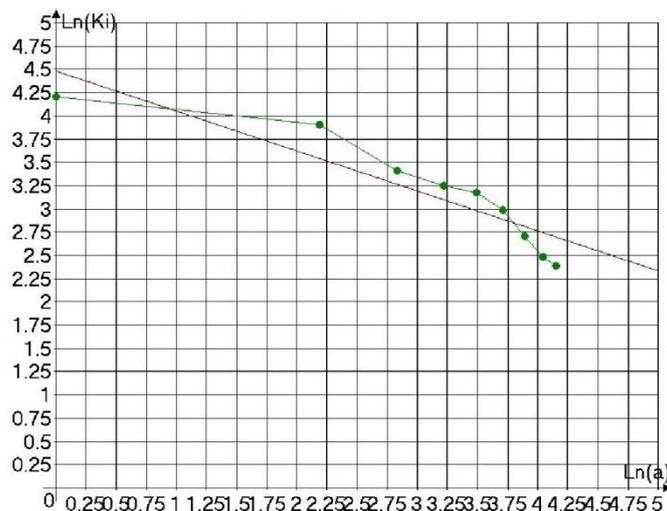
где  $a \in R^+$  - параметр масштаба;  $b \in R$  - параметр времени;  $f(x)$  - исходный сигнал, подвергаемый анализу;  $\psi(x)$  - функция, называемая базовым или материнским вейвлетом.

Одним из наиболее ответственных этапов при вычислении вейвлет-коэффициентов является выбор базового вейвлета. Согласно рекомендаций [6] в качестве базового вейвлета в данной работе был использован вейвлет «Мексиканская шляпа». Аналитически данный базовый вейвлет выражается следующим образом [6]:

$$\psi(x) = (1 - x^2) e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Для определения фрактальной размерности при помощи вейвлет-спектра строится зависимость логарифма числа экстремумов  $\ln(K_i)$  функции  $W(a,b)$  при последовательно взятых фиксированных  $a_i$  от  $\ln(a_i)$ . Тангенс угла наклона дает оценку величины фрактальной размерности.

Для того, чтобы оценить точность данного метода, необходимо определить величину фрактальной размерности объекта, у которого она четко определена теоретически. В качестве тестового объекта целесообразно использовать фрактальное броуновское движение, размерность которого равна 1.5 [7]. Для генерации исходных данных была использована программа «Моделирование броуновского движения v 1.0» [4]. Построение

Рис. 1. Зависимость  $\ln(K_i)=f(a_i)$ 

вейвлет-спектра производилось при помощи специально разработанной программы [5]. График зависимости логарифма числа экстремумов  $\ln(K_i)$  функции  $W(a,b)$  при последовательно взятых фиксированных  $a_i$  от  $\ln(a_i)$  приведен на рис. 1. Построение проводилось с использованием программы Advanced Grapher v.4.1:

Тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой, определенный при помощи метода наименьших квадратов [1]:  $a = -0.413$ ;

Величина фрактальной размерности равна:  
 $D = 2 - a = 2 - 0.413 = 1.587$ .

Погрешность вычисления составляет:

$$\delta = \frac{D_{\text{ВЕЙВ}} - D_{\text{ТЕОР}}}{D_{\text{ВЕЙВ}}} 100\% = \frac{1.587 - 1.5}{1.587} 100\% = 6\%$$

где  $D_{\text{ВЕЙВ}} = 1.8$  - фрактальная размерность, вычисленная при помощи вейвлет-спектра;  $D_{\text{ТЕОР}} = 1.5$  - фрактальная размерность броуновского движения [6?7].

Как можно видеть, погрешность метода достаточно низкая и можно отметить, что она соизмерима с погрешностью, которую дает использование показателя Херста [2,7]. Таким образом, данный метод можно использовать для оценки параметров качества поверхностного слоя деталей машин, в том числе с нерегулярным характером профиля поверхности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандт, З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров: Пер. с англ. – М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 686 с., ил.
2. Курдюков, В.И. Анализ методов определения фрактальной размерности / В.И. Курдюков, А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников, Е.Ю. Рогов // Вестник КузГТУ. – 2008. - №5. – с. 46-50.
4. Остапчук, А.К. Моделирование броуновского движения v 1.0 / А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников, Е.Ю. Рогов. – М.: ВНИИЦ, 2008. - № 50200801851.
5. Остапчук А.К. Построение вейвлет-спектра v 1.0 / А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников, Е.Ю. Рогов. – М.: ВНИИЦ, 2008. - № 50200801855.
6. Павлов, А.Н. Методы анализа сложных сигналов. Учеб. пособие для студ. физ. фак./ А.Н. Павлов. – Саратов. Научная книга, 2008. – 120 с., ил.
7. Симонов, А.М. Основы обеспечения качества поверхности деталей машин с использованием динамического мониторинга: монография / А.М. Симонов, А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников // под. ред. Н.М. Поповой. – Курган. – изд-во КГУ, 2010. – 118 с.

Автор статьи:

Овсянников  
 Виктор Евгеньевич,  
 канд. техн. наук, доцент каф. «Инноватики и менеджмента качества»  
 (Курганский государственный университет), email:  
[ypanz12@rambler.ru](mailto:ypanz12@rambler.ru).