

2. Nielsen, M. A. Quantum Computation and Quantum Information [Текст] / M. A. Nielsen, I. L. Chuang - Cambridge University Press, Cambridge, 2000. - 702 С. - ISBN 978-1107002173.
3. Aaronson, S. NP-complete problems and physical reality [Текст] / S. Aaronson // ACM SIGACT News. - 2005. - Т. 36(1). - С. 30-52.
4. Kitaev, A. Quantum measurements and the Abelian stabiliser problem [Электронный ресурс] / A. Yu Kitaev // Режим доступа: www/ URL: <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9511026>, 1995.
5. Van Dam, W. Quantum algorithms for some hidden shift problems [Текст] / W. van Dam, S. Hallgren, L. Ip // In: Proceedings of the 14th annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms. - 2003. - С. 489-498.
6. Gavinsky, D. Quantum algorithm for the Boolean hidden shift problem [Текст] / D. Gavinsky, M. Roetteler, J. Roland // Proceedings of the 17th annual international conference on Computing and combinatorics. - 2011. - С. 158-167.
7. Kuperberg, G. A subexponential-time quantum algorithm for the dihedral hidden subgroup problem [Текст] / G. Kuperberg // SIAM Journal on Computing. - 2005. - Т. 35(№1). - С. 170-188.
8. Regev, O. A subexponential time algorithm for the dihedral hidden subgroup problem with polynomial space [Электронный ресурс] / O. Regev // Режим доступа : \www/ URL: <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0406151>, 2004.
9. Regev, O. On the complexity of lattice problems with polynomial approximation factors [Текст] / O. Regev // In Phong Q. Nguyen and Brigitte Valle, editors, The LLL Algorithm, Information Security and Cryptography. - 2010. - С. 475-496.
10. Childs, A. M. Constructing elliptic curve isogenies in quantum subexponential time [Электронный ресурс] / A. M. Childs, D. Jao, V. Soukharev // Режим доступа : \www/ URL: <http://arxiv.org/abs/1012.4019>, 2010.
11. Савчук, М. М. Симетричні комутативні та локально комутативні шифри для побудови класичних та постквантових криптографічних протоколів [Текст] / М. М. Савчук, А. В. Фесенко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2008. - Т. №2(12). - С. 43-51.

Дана стаття присвячена проблемі пошуку оптимальних параметрів тимчасової дискретизації випадкових стаціонарних процесів. На основі відомого методу дискретизації випадкових процесів формується алгоритм пошуку оптимального інтервалу між вимірами термозодинамічних параметрів карбюраторних двигунів внутрішнього згорання. Алгоритм реалізований з використанням прикладного програмного забезпечення Matlab

Ключові слова: оптимальна дискретизація, аналого-цифрове перетворення, термозодинамічні параметри двигуна внутрішнього згорання

Данная статья посвящена проблеме поиска оптимальных параметров временной дискретизации случайных стационарных процессов. На основе известного метода дискретизации случайных процессов формируется алгоритм поиска оптимального интервала между измерениями термозодинамических параметров карбюраторных двигателей внутреннего сгорания. Алгоритм реализован с использованием прикладного программного обеспечения Matlab

Ключевые слова: оптимальная дискретизация, аналого-цифровое преобразование, термозодинамические параметры двигателя внутреннего сгорания

УДК 621.002:681.324

ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

И. С. Тимофеев

Аспирант

Кафедра информационных систем
Севастопольский национальный
технический университет
ул. Университетская, 33,
г. Севастополь, Украина, 99053
E-mail: timofiev@gmail.com

1. Введение

Ужесточение требований к контролю состояния современных сложных двигателей внутреннего сгорания [1 – 8], их воздействия на окружающую среду, а также необходимость замены большей части натурных экспериментов вычислительными экспериментами на ЭВМ определяет актуальность задачи достоверного математического описания процессов изменения их параметров во времени. Возникаю-

щие при этом погрешности описания объясняются, в том числе, преобразованием непрерывных процессов изменения параметров в цифровые последовательности. Снижение погрешностей может быть достигнуто выбором шага временной дискретизации τ_d , который должен быть таким, чтобы в результате обратного, цифро-аналогового преобразования, можно было восстановить исходный процесс с наименьшими ошибками, а полученные данные не были бы избыточными.

2. Постановка проблемы

Для процессов с финитными спектрами задача выбора интервала (шага дискретизации) между отсчетами решается с помощью теоремы Котельникова. Однако спектры реальных физических процессов не являются финитными, следовательно, для них необходимо выбирать τ_d из других соображений.

3. Литературный обзор

Один из способов оптимальной дискретизации был предложен в работе [9] и заключается в оптимальной дискретизации экспериментальных процессов не только по времени и уровню, но и по размерности математической модели источника процесса. Преимущества метода связаны с возможностью заменить алгебраическую структуру математической модели дискретной динамической системой (абстрактным автоматом), а затем применить критерий минимума энтропии. Однако метод имеет ряд недостатков:

1) определение порядка математической модели по виду экспериментального процесса комплексных систем является нетривиальной задачей;

2) алгоритм замены алгебраической структуры абстрактным автоматом достаточно сложен в реализации.

Другой способ поиска оптимальных параметров был предложен в [10]. Данный подход основывается на свойстве дифференцируемости случайного процесса и его стационарности (стационарность свойственна большинству реальных случайных процессов), а также в способе кодирования при оцифровке сигнала и вида интерполяции при цифро-аналоговом преобразовании. Для различных проявлений указанных свойств, приведены аналитические модели спектров и виды корреляционных функций случайных процессов. Показано, что оптимальные параметры временной дискретизации процесса (время дискретизации $\tau_{\text{опт}}$ характерный объем данных j_1 и интервал квантования $q_{\text{опт}}$) могут быть аппроксимированы, с погрешностью не выше единицы процента, эмпирической формулой вида Hoerl Model $y = ab^{\delta} \delta^2$. В качестве y фигурируют величины $\frac{\tau_{\text{опт}}}{\tau_x}$, $j_{1\text{мин}}$, $\frac{q_{\text{опт}}}{\sigma_x}$. Константы a, b, c приведены в таблицах из [10]; их числовые значения данных констант зависят от вида интерполяции, способа квантования и величины задаваемой относительной погрешности δ .

Смысл данного подхода заключается в поиске оптимального шага на основе достижения требуемой точности восстановления сигнала и с учетом оптимального объема данных получаемый в результате оцифровки. Преимущество данного подхода по сравнению, например, с [9] заключается в том, что для его применения всего лишь необходим предварительный анализ характеристик случайного процесса (стационарности и дифференцируемости).

4. Цель и задачи исследования

Цель работы заключается в обосновании процедуры поиска оптимального шага дискретизации слу-

чайного процесса и ее последующей программной реализации с изучением влияния значения полученного шага на величину относительной погрешности восстановленного сигнала.

5. Экспериментальные данные и их обработка

Рассмотрим стационарный случайный процесс, отражающий изменение содержания оксида углерода в отработанных газах ДВС (рис. 1).

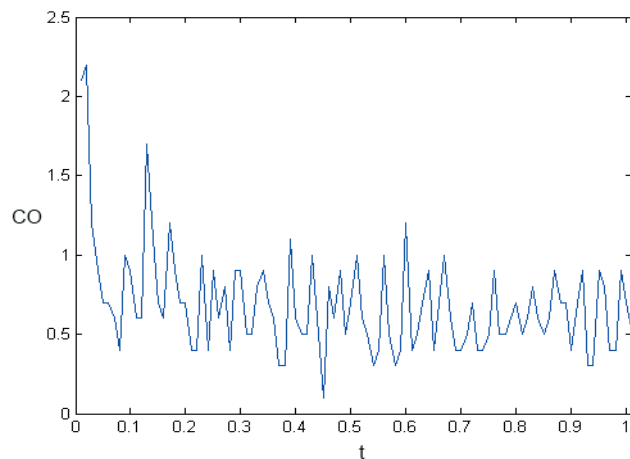


Рис. 1. Зависимость содержания оксида углерода CO в отработанных газах ДВС от времени t

Для определения оптимального времени дискретизации воспользуемся методом, предложенным в [1].

Предположим что данный процесс дифференцируемый, следовательно, корреляционную функцию $B_{\text{кол}}(\tau)$ и спектр $S_{\text{кол}}(\omega)$ аппроксимируем следующими формулами из [10]:

$$S_{\text{кол}}(\omega) = \frac{\sigma^2}{2\omega_x} \exp\left(-\frac{\pi}{4} \left(\frac{\tau}{\omega_x}\right)^2\right), \tag{1}$$

$$B_{\text{кол}}(\tau) = \sigma^2 \exp\left(-\frac{\pi}{4} \left(\frac{\tau}{\tau_x}\right)^2\right). \tag{2}$$

Характерные масштабы корреляционной функции τ_x и спектра ω_x связаны следующим соотношением $\tau_x \omega_x = \frac{\pi}{2}$. Подставим данное выражение в (1), получим $S_{\text{кол}}(\omega) = \frac{\sigma^2 \tau_x}{\pi} \exp\left(-\frac{1}{4} (\omega \tau_x)^2\right)$. Полученное выражение представим следующим образом:

$$\frac{\pi S_{\text{кол}}}{\sigma^2 \tau_x} = \exp\left(-\frac{1}{4} (\omega \tau_x)^2\right), \tag{3}$$

левую часть данного выражения представим следующим образом $Y = \frac{\pi S_{\text{кол}}}{\sigma^2 \tau_x}$. На рис. 2 представлена зависимость $Y(\omega \tau_x)$. Данный график необходим для нахождения соотношения между характерным масштабом τ_x и частотой f_0 .

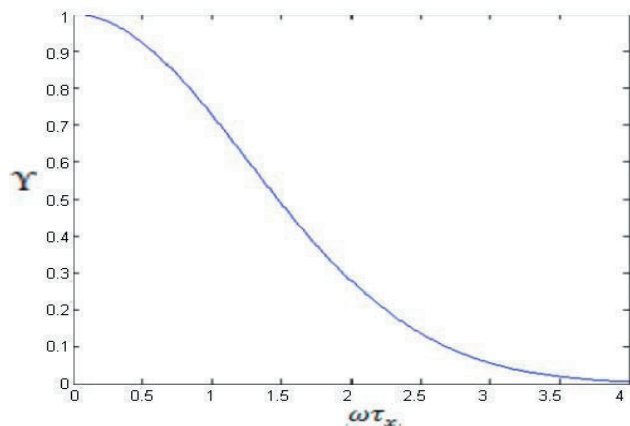


Рис. 2. Зависимость энергетического спектра Y случайного процесса от круговой частоты ω и характерного масштаба τ_x

Величина Y имеет максимум при ω=0 и убывает с ростом круговой частоты ω, достигая половинного уровня при значении $\omega_0 = \frac{\sqrt{\pi \ln 2}}{\tau_x} = \frac{1.48}{\tau_x}$. Из (3) получаем характерный масштаб $\tau_x = \frac{\sqrt{\pi \ln 2}}{2\pi f_0}$.

Для определения f₀ применим прямое преобразование Фурье и построим график спектральной плотности мощности (рис. 3).

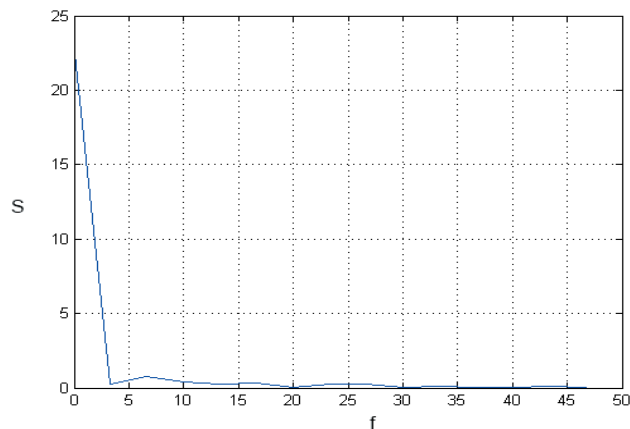


Рис. 3. Зависимость спектральной плотности мощности S от частоты f

Выберем f₀ = 7 Г.

Для данного примера получим τ_x = 33,6 мс. Далее по формуле $y = ab^{\delta^2}$ находим оптимальное время дискретизации. Зададим ошибку восстановления сигнала

δ = 0,01. Далее рассчитаем оптимальные параметры согласно приведенным таблицам в [10]:

$$\frac{\tau_{\text{опт}}}{\tau_E} = 1,622 \cdot 0,6995^{0,01} \cdot 0,01^{0,4832} \Rightarrow \tau_{\text{опт}} = 5,8 \text{ мс},$$

$$j_1 = 1,660 \cdot 0,1294^{0,01} \cdot 0,01^{0,6980} \Rightarrow j_1 = 40,47 \text{ кБайт/с}$$

$$q_{\text{опт}} = 3,099 \cdot 1,882^{0,01} \cdot 0,01^{1,025} \Rightarrow q_{\text{опт}} = 0,03 \text{ В}$$

Теперь определим время дискретизации с помощью теоремы Котельникова

$$\tau_k = \frac{1}{2F_N}, \tag{4}$$

где F_N частота Найквиста.

Найдем частоту Найквиста из рис. 3, F_N = f_{max} = 25 Г. Подставив в (4) F_N, получим τ_k = 71,4 мс.

Далее произведем моделирование. Для определения относительной ошибки цифрового преобразования, преобразуем исходный процесс в цифровую форму, а затем восстановим его по дискретным отсчетам. Для аналого-цифрового преобразования выполняется следующая последовательность операций: выборка и хранение, квантование по уровню и кодирование. Модель АЦП состоит из следующих блоков:

- 1) «УВХ» - устройство выборки хранения. Основной задачей УВХ является фиксация быстро изменяющихся сигналов при различных преобразованиях.
- 2) «Квантователь» - квантование сигнала по уровню. Подсчет целого числа квантов, содержащихся в аналоговой выборке.
- 3) «Шифратор» - формирует выходную цифровую последовательность.

Для обратного процесса, цифро-аналогового преобразования, выполняется следующая последовательность операций: декодирование, выборка и слежение. Таким образом, модель ЦАП состоит из следующих блоков:

- 1) «Дешифратор» - формирует выходную аналоговую последовательность.
- 2) «УВХ» - используется для сглаживания сигнала аналого-цифрового преобразования.

Исходный процесс моделируется в блоке «Сигнал», он представлен на (рис. 1).

В данной схеме процесс оцифровки сигнала и его восстановления производится по двум параллельным ветвям, которые отличаются временем дискретизации аналого-цифрового преобразования. В первой ветви зададим τ_д = τ_{опт}, а для второй зададим τ_д = τ_к соответственно. Данная схема позволяет определить и сопоставить величины относительных ошибок полученных при разных временах дискретизации. Предложенная схема эксперимента представлена ниже (рис. 4):

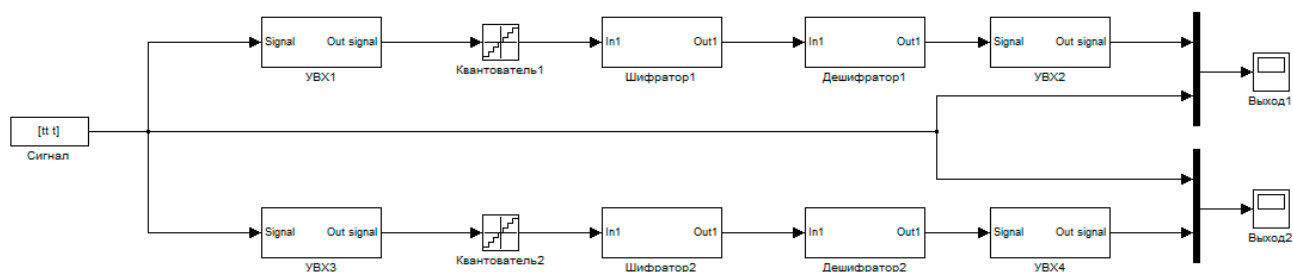
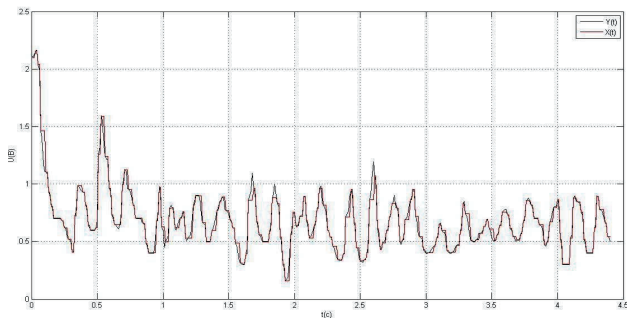
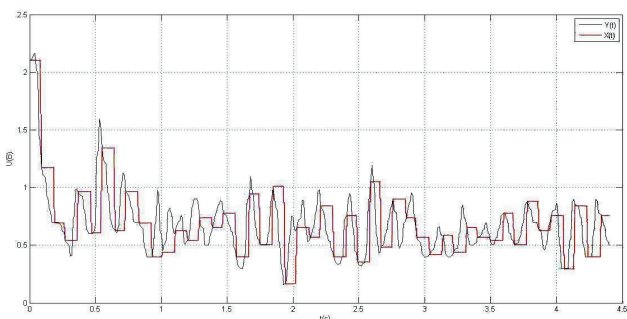


Рис. 4. Схема эксперимента

Результаты моделирования представлены на рис. 5, 6. На рис. 5, а восстановленный сигнал является результатом цифро – аналогового преобразования исходного сигнала с последующим аналогово - цифровым преобразованием. Время дискретизации в блоках АЦП1 и ЦАП1 равно $\tau_{\text{опт}}$. На рис. 5, б восстановленный сигнал был получен аналогичным образом из исходного сигнала, однако время дискретизации в блоках АЦП2 и ЦАП2 равно $\tau_{\text{к}}$.



а

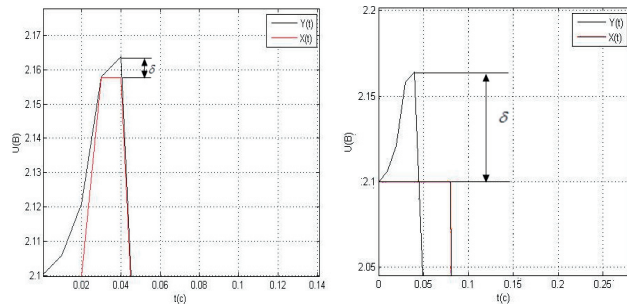


б

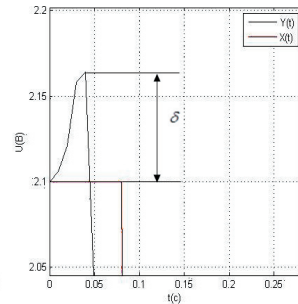
Рис. 5. Зависимость выходного напряжение U от времени t восстановленного и исходного сигналов: а – с шагом $\tau_{\text{опт}}$, б – с шагом $\tau_{\text{к}}$

На рис. 6, а показана относительная ошибка восстановления сигнала, для метода [10] $\delta = 0,5$, данное

значение отличается от заложенного ранее на 0.49. На рис. 6, б показана относительная ошибка восстановления сигнала для теоремы Котельникова $\delta = 0,8$.



а



б

Рис. 6. Зависимость выходного напряжение U от времени t восстановленного и исходного сигналов с указанием относительной ошибки δ цифрового преобразования: а – с шагом $\tau_{\text{опт}}$, б – с шагом $\tau_{\text{к}}$

6. Выводы

В данной работе рассмотрены возможные процедуры нахождения оптимального времени дискретизации, из которых выбрана оптимальная процедура, реализованная с помощью пакета прикладных программ Matlab.

В прикладных задачах, связанных с наблюдением за изменениями параметров сложных изделий машиностроения, условия теоремы Котельникова недостаточны для оцифровки временного процесса (относительная ошибка в 16 раз больше по сравнению с ошибкой, полученной в результате применения выбранного метода).

Выбранный метод позволяет рассчитать не только оптимальный шаг дискретизации, но и значения остальных параметров аналого-цифрового преобразования (характерный объем данных и интервал квантования). Процедура расчета оптимальных параметров аналого-цифрового преобразования может быть применена к другим сложным процессам.

Литература

1. Первухина, Е. Л. Обнаружение дефектов машиностроительных изделий в ходе приемосдаточных испытаний [Текст] / Е. Л. Первухина, В. В. Голикова, К. Н. Осипов // Проблемы машиностроения и надежность машин. – 2010. – №5 С.97 – 105.
2. Martyr, A. J. Engine testing. Theory and Practice [Текст] / A. J. Martyr, M. A. Plint. – Elsevier Ltd. – 2007. – 459 p.
3. Осипов, К. Н. Контроль качества сборки ДВС на этапе приемосдаточных испытаний [Текст] / К. Н. Осипов // Современные технологии сборки – 2011. – С.147 – 153.
4. Первухина, Е. Л. Контроль качества сборки машиностроительных изделий по диагностическим параметрам [Текст] / Е. Л. Первухина, В. В. Голикова, К. Н. Осипов // Сборка в машиностроении, приборостроении – 2010. – №6. – С. 14 – 20.
5. Первухина, Е. Л. Оценка состояния машиностроительных изделий в ходе производственных испытаний после сборки [Текст] / Е. Л. Первухина, В. В. Голикова, П. К. Социн // Сборка в машиностроении, приборостроении – 2009. – №10. – С. 3 – 9.
6. Первухина, Е. Л. Статистическое моделирование машиностроительных изделий по диагностическим параметрам [Текст] / Е. Л. Первухина, В. В. Голикова, П. К. Социн // Проблемы машиностроения и надежности машин – 2008. – №6. – С. 89 – 95.
7. Первухина, Е. Л. Анализ нестационарных случайных процессов в задачах автоматизации производственных испытаний машиностроительных изделий [Текст] / Е. Л. Первухина, В. В. Голикова // Сборка в машиностроении, приборостроении – 2007. – №8. – С. 29 – 35.

8. Голикова, В. В. Оценка качества сборки двигателей внутреннего сгорания в ходе приемосдаточных испытаний [Текст] / В. В. Голикова, К. Н. Осипов, Е. Л. Первухина // Вестник КузГТУ – 2010. – №6 С. 40 – 45.
9. Кирьянов, К. Г. Оптимальная дискретизация экспериментальных данных для последующей цифровой обработки [Текст] / К. Г. Кирьянов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского – 2008. – С. 39 – 46.
10. Доценко, С. В. Методы информационной оптимизации систем и процессов [Текст] / С. В. Доценко. – Севастополь: СевНТУ, 2010 – 262 с.

У багатьох практичних випадках виникає задача генерації локальних оцінок точності апроксимації. У статті запропоновано метод локального оцінювання точності апроксимації мережею на базі гібридних нейроподібних елементів шляхом розширення її архітектури та впровадження двоетапної схеми навчання. Отримані результати застосовані також до інших популярних архітектур штучних нейронних і нейро-фаззи мереж

Ключові слова: локальне оцінювання точності, еволюційна оптимізація архітектури, підвищення надійності апроксимації

Во многих практических случаях возникает задача генерации локальных оценок точности аппроксимации. В статье предложен метод локального оценивания точности аппроксимации сетью на базе гибридных нейроподобных элементов путем расширения ее архитектуры и внедрения двухэтапной схемы обучения. Полученные результаты применимы также к другим популярным архитектурам искусственных нейронных и нейро-фаззи сетей

Ключевые слова: локальное оценивание точности, эволюционная оптимизация архитектуры, повышение надежности аппроксимации

УДК 004.032.26

ЛОКАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ СЕТЬЮ НА БАЗЕ ГИБРИДНЫХ НЕЙРОПОДОБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С. В. Попов

Доктор технических наук, главный научный сотрудник*

E-mail: serge.popov@gmx.net

К. А. Шкуро

Аспирант*

E-mail: shkurokristina@gmail.com

*Проблемная научно-исследовательская лаборатория автоматизированных систем управления Харьковский национальный университет радиозлектроники пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

1. Введение

Точность – важный аспект решения любой практической задачи. Часто именно по этому критерию, в первую очередь, и выбирают тот или иной метод решения [1], а затем уже рассматривают сложность модели, трудоемкость ее реализации, удобство использования, вычислительные затраты и т.д. Это и не удивительно, ведь именно точность в значительной мере определяет экономический эффект от внедрения новых методов моделирования, поэтому борьба за повышение точности ведется на всех этапах: от выбора модели до выбора эксплуатационных параметров при ее внедрении. При обучении с учителем точность является естественным критерием, отражающим, насколько качественно полученная модель аппроксимирует изучаемый реальный процесс, генерирующий обрабатываемые данные. Поэтому многие исследователи в этой области направляют свои усилия на создание новых моделей,

обеспечивающих повышение точности для различных классов задач.

Нейро-фаззи сети (и сеть на базе гибридных нейроподобных элементов не является исключением [2]) обычно генерируют точечные оценки аппроксимируемой зависимости. При этом чаще всего точность этих оценок определяется в среднем для всех возможных условий функционирования сети. Оценка точности производится на тестовой выборке и, если она является достаточно репрезентативной, считается, что в условиях последующей эксплуатации сети ее точность будет соответствовать полученной оценке [3]. Такой способ оценивания точности наименее трудоемок и оправдан в большинстве случаев, однако есть ситуации, когда этого недостаточно [4]. Например, точность аппроксимации может иметь явно выраженную неравномерность по всей выборке. Это характерно, в частности, для задач прогнозирования тренд-сезонных временных рядов, где точность мо-