Графики изменения абсолютного значения приведенной погрешности на участке $0,7<t<2,6$ для различных значений α при неточном задании начального представления исходной функции приведены на рис. 3.

Таким образом, анализ показывает, что для обеспечения хорошей точности прогнозирования с помощью временных рядов необходимо выбрать постоянную сглаживания, соответствующую динамике прогнозируемого процесса, а также для устранения или максимального сокращения участка настройки адаптации временного ряда и расширения участка прогнозирования следует точно задавать начальные значения коэффициентов аппроксимации исходной функции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
2. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов, прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 197 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.В. Тарарыкин.

Клевцов Сергей Иванович
Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.
E-mail: sergkmps@mail.ru.
347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81.
Тел.: 88634328025.

Klevtsov Sergey Ivanovich
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".
E-mail: sergkmps@mail.ru.
81, Petrovsky Street, Taganrog , 347900, Russia.
Phone: +78634328025.

УДК 621.391.2

А.Ю. Матюнин

МЕТОД РАСШИРЕНИЯ МНОЖЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВ СИГНАЛОВ ОТ ДЕФЕКТОВ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ДЕФЕКТОГРАММЫ МАГНИТНОГО ДЕФЕКТОСКОПА РЕЛЬСОВ

Предложен метод расширения множества пространственно-временных образов сигналов от дефектов многоканальной дефектограммы магнитного дефектоскопа рельсов, который позволяет уменьшить вероятность ошибки классификации и локализации решающего правила алгоритма распознавания. Полученные результаты исследований подтверждают эффективность разработанного метода, применяемого для расширения множества при условии однозначного разделения входящих в него подмножеств, что является важным и актуальным шагом в преодолении проблемы нерепрезентативных данных при разработке алгоритма распознавания.

Метод; пространственно-временной образ; спектральная теорема; алгоритм; дефектограмма; классификация; собственное число.

A.Yu. Matyunin

METHOD OF EXTENDING THE SET OF SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF SIGNALS FROM DEFECTS OF THE MULTICHANNEL DEFECTOGRAM OF MAGNETIC-FIELD FLAW DETECTOR OF RAILS

The method of extending the set of spatio-temporal patterns of signals from defects of the multichannel defectogram of magnetic-field flaw detector of rails is offered which allows to reduce the probability of error classification and localization a decision rule of the recognition algorithm. The received results of research confirm efficiency of the devise method to be used for extending the set under the condition of unique division of subsets entering into set that in problem solving of unrepresentative data by development of the recognition algorithm is an important and actual step.

Method; spatio-temporal pattern; spectral theorem; algorithm; defectogram; classification; eigenvalue.

Дефектограмма магнитного вагона-дефектоскопа представляет собой многоканальную запись сигналов от системы пассивных индукционных датчиков, расположенных над поверхностью катания рельсов железнодорожного пути [1, 2]. При точечной аппроксимации сечения дефекта в горизонтальной плоскости поперек головки рельса априорное множество пространственно-временного образа сигнала можно представить совокупностью двух подмножеств: пространственного подмножества *P1* размерности *M* и временного подмножества *P2* размерности *N*. Таким образом, задачу классификации дефектов железнодорожного пути по пространственно-временным признакам сигнала можно представить совместным решением задач классификации пространственных и временных множеств образов сигналов.

Рассмотрим работу метода на примере временного множества образов *L*, состоящего из трех подмножеств. В его основу положено следствие спектральной теоремы о представлении матрицы в виде суммы [3]:

$$R^r = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i^r G_i \ ,$$

где λ_i – собственные числа ковариационной матрицы *R*; R^r – ковариационная матрица в степени *r*; G_i – сопутствующие матрицы.

Данный метод можно условно разделить на два этапа, которые в общем случае решаются совместно. Первый этап заключается в формировании оценок R и m подмножеств L_j. Суть первого этапа поясняется на рис. 1. Эксперту предлагается синтезированный образ *a*, полученный в результате соединения отрезками точек, лежащих на плоскости, с координатами (x_1, y_1), …, (x_{13}, y_{13}) Значения x_i – это номера отсчетов сигнала 13-мерного вектора признака подмножества L_j, y_1, …, y_{13} – элементы вектора $\vec{a}$ [4, 5]. Вектор $\vec{a}$ формируется с помощью формулы вида

$$\vec{a} = \vec{m} + l_i \cdot \vec{\zeta}_i \ ,$$

где $\vec{m}$ – вектор среднего значения подмножества L_j, $\vec{\zeta}_i$ – *i*-й собственный вектор подмножества L_j; l_i – проекция случайного вектора $\vec{z}$ на собственный вектор $\vec{\zeta}_i$ (имеет смысл нового собственного числа λ_i' вектора $\vec{\zeta}_i$):

$$\vec{z} = l_i \cdot \vec{\zeta}_i = (\vec{a} - \vec{m}) \ .$$

Специалист, основываясь на своем представлении о форме образа для предъявляемого подмножества L_j, выносит решение, принадлежит ли синтезированный образ a данному подмножеству или нет. Если образ принадлежит (не принадлежит), то проекция случайного вектора l_i данного собственного вектора $\vec{\zeta}_i$ увеличивается (уменьшается) и соответствующим образом увеличивается (уменьшается) новое собственное число λ_i' вектора $\vec{\zeta}_i$. В результате этой операции перед экспертом появляется новый синтезированный образ a', соответствующий собственному вектору $\vec{\zeta}_i$. Специалисту также предъявляются образы b и b', способ получения которых аналогичен способу получения векторов a и a'. Таким образом, создаются формы образов a' и b', соответствующих собственным векторам $\vec{\zeta}_i$ и $-\vec{\zeta}_i$. Производиться до тех пор, пока эксперт не примет решение, что дальнейшее изменение l_i, приведет к тому, что синтезированный образ a не будет принадлежать данному подмножеству. Конечное значение l_i, соответствующее собственным векторам $\vec{\zeta}_i$ и $-\vec{\zeta}_i$, принимается за новое значение i-го собственного значения λ_i'.

В результате выполнения первого этапа определяется диапазон возможных изменений собственных чисел $\lambda_i'^j$, соответствующих собственным векторам $\vec{\zeta}_i^j$ для трех подмножеств L_j подмножества L. Результаты первого этапа представлены в табл. 1.

Таблица 1

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ^1	1,35	1,52	3,28	5,68	7,85	11,78	14,7	22,9	33,9	42,2	53,2	102,2	384,9
λ'^1	10	20	11	12	25	18	40	24	33,9	42,2	59	102,2	384,9
λ^2	0,58	1,72	4,32	5,13	8,95	10,78	21	23,2	40	56,4	98,2	149,5	651,9
λ'^2	14	14	40	24	33	20	30	28	40	56,4	98,2	149,5	651,9
λ^3	0,4	1,56	4,92	11,54	22,98	34,2	43,3	75,5	90,58	146,9	407,4	744,6	1775,
λ'^3	10	20	30	35	60	46	140	100	140	146,9	407,4	744,6	1775,

Второй этап заключается в изменении собственных чисел $\lambda_i'^j$ в диапазоне $(\lambda_i^j, \lambda_i'^j)$, определенном на первом этапе при выполнении условия однозначного разделения подмножеств L_j множества L.

Для каждой пары подмножеств вычисляются обратные ковариационные матрицы R_j^{-1} и R_m^{-1}, используя в качестве собственных чисел λ_i^j и λ_i^m. Для каждого образа первого подмножества вычисляется расстояние Махаланобиса до первого подмножества, которое принимается за x_k^j и до второго подмножества, которое принимается за y_k^j. Аналогично для каждого образа второго подмножества вычисляется расстояние Махаланобиса до первого подмножества, которое принимается за x_l^m, и до второго подмножества, которое принимается за y_l^m. Получаем точки с координатами (x_k^j, y_k^j) и (x_l^m, y_l^m), соответствующей пары подмножеств, которые отображаем на плоскости. Таким образом, отображаем все возможные пары подмножеств множества L на свою плоскость. Образы пары подмножеств будут однозначно разделены, если точки с координатами (x_k^j, y_k^j) и (x_l^m, y_l^m) соответствующей пары подмножеств разделяются прямой $y = x$, выходящей из центра координат.

Для каждой пары подмножеств меняем собственные числа в диапазоне $(\lambda_i^j, \lambda_i'^j)$ и $(\lambda_i^m, \lambda_i'^m)$. Вычисляем новые обратные ковариационные матрицы $R_j'^{-1}$ и $R_m'^{-1}$. Повторяем описанный выше алгоритм, добиваясь одновременно однозначного разделения подмножеств и максимизации собственных чисел каждого подмножества. В результате второго этапа получим итоговые собственные числа, представленные в табл. 2.

Таблица 2

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ''^1	3,94	5,5	4,28	14,68	11,86	14,79	17,1	22,9	33,9	42,2	53,2	102,2	384,9
λ''^2	0,58	5,73	4,32	5,13	8,95	10,78	29,9	26,5	40	56,4	98,2	149,5	651,9
λ''^3	2	5,56	6,91	12,54	47,97	44,23	58,27	100	140	146,9	407,4	744,6	1775,4

Использование метода расширения множества пространственно-временных образов сигналов от дефектов многоканальной дефектограммы магнитного дефектоскопа рельсов позволяет уменьшить вероятность ошибки классификации и локализации решающего правила алгоритма распознавания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 100668 Российской федерации, МПК H01F 5/00. Пассивный индукционный датчик / Мережин Н.И., Матюнин А.Ю. – №2010132317/07; заявл. 02.08.10; опубл. 20.12.10, Бюл. № 35. – 2 с.
2. *Матюнин А.Ю., Мережин Н.И.* Блок сопряжения многоканального магнитного дефектоскопа рельсов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 5 (106). – С. 185-189.
3. *Ланкастер П.* Теория матриц: Пер. с англ. – М.: Наука., 1978. – 280 с.
4. *Матюнин А.Ю.* Формулировка задач статистического синтеза в условиях априорной неопределенности образов дефектограмм // Материалы Всероссийской научной конференции «Современные исследовательские и образовательные технологии». Ч. 2. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – С. 28-30.
5. *Матюнин А.Ю.* Понижение размерности вектора признаков образов сигналов от дефектов многоканальной дефектограммы автоматизированного магнитного дефектоскопа рельсов // 13-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2011». – Москва, Россия, доклады. Т. 1 – С. 45-49.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Е. Панич.

Матюнин Андрей Юрьевич
Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.
E-mail: stalker_dron_@mail.ru.
347928 г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.
Тел.: +79185885779.

Matyunin Andrew Yurievich
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".
E-mail: stalker_dron_@mail.ru.
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: +79185885779.

УДК 621.23.05

Ф.И. Кузнецов

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ОЦИФРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН С ОГРАНИЧЕННЫМ ФОРМАТОМ ДАННЫХ

Представлен адаптивный метод экстраполяции переменной с ограниченным форматом данных и равноудаленными узлами. Адаптация заключается в выборе степени формулы экстраполяции в зависимости от изменения переменной. Для выбора формулы экстраполяции необходимо заранее знать величины трансформированной и инструментальной погрешностей. Особое внимание уделяется влиянию трансформированной погрешности на точность экстраполяции. Формулы экстраполяции построены на основе полинома Лагранжа, в частном случае совпадают с интерполяционными формулами Ньютона.

Экстраполяция; адаптация.

F.I. Kuznetsov

ADAPTIVE METHOD OF EXTRAPOLATION OF THE DIGITIZED VALUES OF SENSORS OF PHYSICAL QUANTITY WITH THE LIMITED FORMAT OF THE DATA

In this article the adaptive method of extrapolation of a variable with the limited format of the data is presented and equidistant knots. Adaptation consists in a choice of degree of the formula of extrapolation depending on variable change. For a choice of the formula of extrapolation is necessary on a priori known value of the transformed and tool errors. The special attention is given to effect of the transformed error on precision of extrapolation. Extrapolation formulas are constructed on the basis of a polynomial of Lagrange, in that special case coincide with Newton's interpolation formulas.

Extrapolation; adaptation.

Для решения в темпе реального времени задач сбора и обработки информации датчиков (СОИД) физических переменных создаются различные интеллектуальные микропроцессорные модули (ИММ) [1]. Эти модули производят глубокую математическую обработку. Немаловажной задачей математической обработки является прогнозирование значений переменной на k шагов ($k \geq 1$). Прогнозирование необходимо как минимум для:

1) определения используемых в вычислениях значений переменных, не известных в данный момент времени;
2) компенсации погрешности, порожденной сдвигом во времени формирования результатов обработка показаний датчиков;
3) предварительной оценки состояний процессов мониторинга, диагностики и управления.

Целью работы является описание метода выбора степени формулы экстраполяции в процессе обработки информации датчика с ограниченным форматом данных.