

4, Oktyabrskaya Square, Taganrog, 347922, Russia.
Phone: +79289048814.

Rozenberg Igor Naymovich

Public corporation "Research and development institute of railway engineers".
E-mail: I.kudreyko@gismps.ru.
27/1, Nizhegorodskaya, Moscow, 109029, Russia.
Phone: +74959677701.

УДК 681.3.062

С.И. Клевцов

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОВОКУПНОСТИ
ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО МОДУЛЯ**

В данной работе рассмотрена модель предварительной оценки состояния совокупности параметров технического объекта. Графоаналитическая модель адаптирована к особенностям вычислений в интеллектуальном микропроцессорном модуле. Предложен подход к прогнозированию изменения параметра технического объекта на основе сглаживающего прогнозирующего кубического сплайна.

Оценка состояния; параметр; технический объект; мониторинг.

S.I. Klevtsov

**THE SIMPLIFIED ESTIMATION OF THE CONDITION FOR SET OF
PARAMETERS OF TECHNICAL OBJECT WITH USE OF THE
INTELLECTUAL MICROPROCESSOR MODULE**

In given article the model of the simplified estimation of a condition is developed for set of parametres of technical object. The Grafoanalitichesky model is adapted for features of calculations in the intellectual microprocessor module. The approach to forecasting of change of parameter for technical object on the basis of a smoothing predicting cubic spline is offered.

Condition estimation; parameter; technical object; monitoring.

Достоверная прогнозная оценка состояния сложного технического объекта является одной из важных составляющих решения проблемы безопасности их эксплуатации и предотвращения аварийных ситуаций и техногенных катастроф [1]. Прогнозная оценка состояния параметра объекта, значение которого снимается датчиком, производится путем сравнения его возможного значения с границами установленных для параметра зон. Если значение выходит за пределы нормальной зоны, то фиксируется ситуация, отличная от нормальной, и реализуются действия, направленные на нормализацию параметра.

Современное развитие и повсеместное внедрение систем мониторинга технических объектов, использование в их составе многофункциональных интеллектуальных микропроцессорных модулей для обработки данных, снимаемых с датчиков [2], делает возможным выполнение предварительной оценки состояния в непосредственной близости к объекту, что обеспечивает высокую оперативность реакции на нештатные ситуации.

Поскольку интеллектуальный микропроцессорный модуль, как правило, имеет несколько каналов ввода данных и способен снимать и обрабатывать несколько параметров объекта, его можно использовать для оценки совокупности параметров. Если эта совокупность параметров определяет функционирование составной

части или объекта в целом, то осуществляемая на базе модуля оценка совокупности параметров в результате даст оценку прогнозируемого состояния объекта или его составной части.

В работе рассматривается построение адаптированной к возможностям микроконтроллерной обработки информации и использующей имеющиеся экспертные или опытные данные модели предварительной оценки состояния совокупности параметров технического объекта с формированием команд на ликвидацию или предотвращение возникающих нештатных и нестабильных ситуаций.

В основе модели лежит параметрическое представление технического объекта. Имеется технический объект G , характеризуемый параметрами $p_i \in \{P_i\}_{i=1}^m$, где m – количество параметров объекта, контролируемых модулем. Для каждого параметра p_i определены области нормальных, пограничных, опасных и аварийных значений [3].

Для предварительной оценки можно ввести градацию состояния объекта, согласованную с областями значений параметров: нормальное состояние, пограничное состояние, опасное состояние и аварийное состояние [3].

Для оценки состояния технического объекта вводится специальная матрица состояний объекта (МСО), которая формируется из вектор-строк параметров α_i . МСО может быть связана не со всеми параметрами объекта.

Матрица состояний объекта M состоит из вектор-строк α_i , $i=1, N$, где i – определяет номер вектор-строки в матрице M , N – общее количество параметров, используемое для оценки состояния составной части или объекта в целом.

В матрице M можно выделить четыре вектор-столбца вида

$$M_k = \begin{pmatrix} \alpha_{1k} \\ \alpha_{2k} \\ \dots \\ \alpha_{Nk} \end{pmatrix},$$

каждый из которых определяет количество параметров, значения которых принадлежат нормальной, пограничной, опасной или аварийной области соответственно.

В приведенном выражении α_{ik} , $k=1, 4$ принимают значения 0 или 1 и показывают принадлежность значения параметра объекта к конкретной области значений:

α_{i1} – характеризует принадлежность значения i -го параметра области нормальных значений, α_{i2} – области пограничных значений, α_{i3} и α_{i4} – области опасных и аварийных значений. Если $\alpha_{ik} = 1$, то значение параметра принадлежит k -й зоне, если $\alpha_{ik} = 0$ – не принадлежит.

Для каждого из векторов M_2, M_3, M_4 на основе экспертных знаний, опытных данных или результатов моделирования формируется множество тестовых векторов для идентификации возникшей ситуации и определения дальнейших действий по ее разрешению, т.е. множество тестовых векторов для пограничной зоны $\{R_{2s}\}, s=1, \dots, S$; множество тестовых векторов для опасной зоны $\{R_{3l}\}, l=1, \dots, L$; множество тестовых векторов для пограничной зоны $\{R_{4f}\}, f=1, \dots, F$.

Структура каждого из тестовых векторов соответствует структуре любого из векторов M_2, M_3, M_4 .

Оценка состояния совокупности параметров технического объекта осуществляется с помощью процедуры последовательного анализа матриц M_1, M_2, M_3 и M_4 , как показано в [3]. Для осуществления прогнозной оценки состояния совокупности

параметров необходимо знать возможные значения параметров в моменты времени, последующие за текущим значением. Исследования показывают, что для прогнозирования изменения параметра технического объекта можно воспользоваться подходом, основанным на использовании метода сглаживающих кубических сплайнов [4].

Синтез алгоритма для определения коэффициентов сглаживающего прогнозирующего кубического сплайна на равномерной временной сетке может базироваться на методике построения сглаживающего кубического сплайна, изложенной в [5,6].

Согласно [5] коэффициенты сглаживающего кубического сплайна K определяются из соотношения в матричном виде

$$(\mu W Y W^T + \frac{1}{6} \Omega) K = W P. \quad (1)$$

В выражении (1) μ и Y нужно подбирать, а матрицы W, Ω и вектор P известны.

Обозначим постоянный шаг измерения значения сигнала по времени при обработке информации в микроконтроллере ИММ, как

$$h_j = h, j=0, 1, 2 \dots L-1. \quad (2)$$

где L – количество временных точек, в которых производились измерения значений параметра.

При условии (2)

$$h_j^{-1} = \frac{1}{h}, i = 0, 1, \dots, L.$$

Тогда

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ h^{-1} & -2h^{-1} & h^{-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h^{-1} & -2h^{-1} & h^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \dots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & h^{-1} & -2h^{-1} & h^{-1} \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Матрица Ω для естественных граничных условий [6]:

$$\Omega = \begin{pmatrix} 2h & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 4h & h & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h & 4h & h & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \dots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & h & 4h & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 2h \end{pmatrix}. \quad (4)$$

В выражении (1) с учетом (2) вектора P и Y представляются в виде

$$P = \begin{pmatrix} p_0 \\ p_1 \\ \dots \\ p_L \end{pmatrix},$$

где $p_j, j=0,1,\dots,L$ – измеренные значения параметра $p(t)$;

$$Y = \begin{pmatrix} \delta_0^{-1} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \delta_1^{-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \delta_2^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \delta_L^{-1} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Учитывая (3-5) и опуская промежуточные преобразования, из соотношения (1) получим систему уравнений для определения коэффициентов $K_j, j=0,1, \dots, L$. Эта система уравнений в матричном виде

$$UK = Q,$$

где $K = (K_0, K_1, \dots, K_L)^T$;

$$U = (\mu W Y W^T + 1/6 \Omega);$$

$$Q = WP.$$

Решение матричного уравнения осуществляется известными методами, например, методом Гаусса или методом прогонки [7].

Если вектор K найден, то на следующем этапе можно «уточнить» значения измеренных ранее значений функции $p(t)$, т.е. уточнить значения $p_j, j=1, \dots, L$.

Построив по уточненным значениям, обозначив их p_j^* , обычный интерполяционный сплайн, получим фактически прогнозирующий сплайн, который можно использовать для вычисления прогнозных значений функции $p(t)$ при $t > t_L$.

Поскольку интерполяционный сплайн по уточненным значениям p_j^* используется для прогнозирования, то важно построить сплайн на последних участках области измерения функции $p(t)$.

По аналогии с [7], получим

$$P^* = P - \mu Y W^T K,$$

где $P^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_L^*)^T$.

Используя разработанную методику построения сглаживающего прогнозирующего сплайна, основанную на теоретических положениях, представленных в [7, 8], и опуская вычисления, можно получить соотношение для вычисления параметра технического объекта в моменты времени, следующие за текущим моментом, при котором сделано последнее измерение параметра:

$$p(t) = p_{j+1}^* \cdot (m+1) - p_j^* \cdot m + \frac{h^2}{6} \left[K_{j+1} \cdot (m+1)((m+1)^2 - 1) - K_j m(m^2 - 1) \right],$$

где $p(t)$ – значение параметра в момент времени $t = t_{j+1} + mh, m \geq 1$;

p_j^* – сглаженные значения параметра p ;

K_j – коэффициенты, определяющие сглаживающий прогнозирующий сплайн.

Для реализации методики оценки состояния совокупности параметров объекта с помощью многовходового интеллектуального микропроцессорного модуля в

реальном времени необходимо адаптировать основные элементы методики к особенностям цифровой обработки данных в микроконтроллере.

Формирование вектор-столбцов M_1 , M_2 , M_3 и M_4 осуществляется в рамках цикла опроса датчиков физических величин.

Каждый вектор-столбец представляет собой слово разрядности не ниже N . Каждая позиция в слове закреплена за опрашиваемым параметром объекта.

Перед опросом датчиков все четыре вектор-столбца обнуляются, т.е. обнуляются соответствующие слова. В процессе снятия и определения принадлежности текущего или прогнозного значения параметра той или иной области в один из индикаторов i -го параметра записывается величина 1, в остальные – 0.

Эти значения формируют вектор-столбцы M_1 , M_2 , M_3 и M_4 . Фактически значения вносятся в соответствующие разряды слов, отображающих вектор-столбцы в памяти контроллера модуля.

После считывания и обработки N -го параметра все вектор-столбцы обновлены и готовы для анализа.

Таким образом, при реализации в микроконтроллере сравнение вектор-столбца с массивом тестовых векторов соответствующего уровня сводится к сравнению чисел. Совпадение определяет команду, которая формируется и передается микроконтроллером интеллектуального микропроцессорного модуля на исполнительные устройства. При отсутствии совпадения чисел в действие вводится режим «по умолчанию», в соответствии с которым формируется и передается базовая команда для данного типа ситуации.

Методика очень проста и позволяет реализовать прогнозную оценку состояния совокупности параметров объекта и управление ситуациями в реальном времени с помощью многоходового интеллектуального микропроцессорного модуля в составе распределенной микрокомпьютерной системы мониторинга, что важно для оперативного мониторинга и управления объектом в реальном масштабе времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильев В.В.* Современные проблемы компьютерного мониторинга в энергетике // Известия ТРТУ. – 2001. – № 3 (75). – С. 99-120.
2. *Пьявченко О.Н.* Концептуальное представление о прецизионных интеллектуальных микропроцессорных модулях ввода, измерений и обработки аналоговых сигналов // Известия ТРТУ. – 2007. – № 3 (75). – С. 3-13.
3. *Клевцова А.Б., Клевцов Г.С.* Модель графоаналитической экспресс-оценки состояния технического объекта // Материалы международной научной конференции «Инновации в обществе, технике и культуре». Ч.3. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – С. 21-26.
4. *Кочегурова Е.А., Шебеко Е.В.* Использование вариационного сглаживающего сплайна в задаче краткосрочного прогнозирования // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, № 7. – С. 36-39.
5. *Квасов Б.И.* Методы изогометрической аппроксимации сплайнами. – М.: Физматлит. 2006. – 360 с.
6. *Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л.* Методы сплайн-функций. – М.: Наука. 1980. – 382 с.
7. *Мэтьюз Дж.Г., Финк Куртис Д.* Численные методы. Использование MATLAB, 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 720 с.

Клевцов Сергей Иванович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: sergkmps@mail.ru.

347900, Таганрог, ул. Петровская, 81.

Тел.: 88634328052.

Klevtsov Sergey Ivanovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: sergkmps@mail.ru.

81, Petrovsky street, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: +78634328052.

УДК 621.3

А.И. Долгов, И.И. Кладовой, А.Ф. Мартыненко, В.В. Преснухин

АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ МЕТОДИКАХ

Рассматривается созданный с участием авторов вариант применения априорных оценок в коэффициентных методиках для разработки и реализации систем экспертного типа, предназначенных для решения самых разнообразных задач (технических, технологических, организационных и др.) широким кругом пользователей, не специализирующихся в области вычислительной техники и программирования.

Заданное априорное значение; расчетное априорное значение; входной показатель; выходной показатель; период обновления текущей информации.

A.I. Dolgov, I.I. Kladovoi, A.F. Martinenko, V.V. Presnuhin

PRIORY RATIOS USED IN EXPERTS TYPE SYSTEMS

It is considered a version of priory ratios used in experts type systems., produced with the participation of the authors, for development and realization on experts type systems, designated for a solution of the various problems (technical, technological, organizational and others) by a wide rang of users, who are not specialists in the field of computer science and programming.

Preset aprioristic value; design aprioristic value; input value; output value; update rate current information.

При использовании общеизвестного байесовского соотношения

$$P(P(H_i | A) = \frac{P(H_i)P(A | H_i)}{\sum_{j=1}^n P(H_j)P(A | H_j)}$$

для каждой гипотезы из полной группы несовместных гипотез H_1, H_2, \dots, H_n рассчитываются апостериорные вероятности $P(H_i | A)$, при условии, что событие A произошло. При этом в расчётном соотношении учитываются априорные оценки вероятности $P(H_i)$ этих гипотез и апостериорные вероятности $P(A | H_i)$ события A при условии справедливости гипотезы H_i .

Идею использования априорных и апостериорных оценок представляется целесообразным применить в компьютерных коэффициентных методиках оценки обстановки.

Методика называется коэффициентной, если выходные интегральные показатели представляют собой суммы входных и (или) промежуточных показателей, умноженных на соответствующие весовые коэффициенты.

В простейшем случае коэффициентная методика анализа обстановки описывается следующим соотношением: