ity constrained frequency-based transit assignment model // Transportation Research 42B, 925–945. **4.** *Nuzzolo, A.* (2001). Schedule-based path choice models for public transport networks // Proceedings of Advanced Course on Transit Networks, Rome, 15.**5.** *Nuzzolo, A., Russo, F., Crisalli, U.* (2001). A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks // Transportation Science, 35, 268–285.**6.** Organizatsiya pasazhirskih carried on primiskih i silskih routes. Available: http://studopedia.info/1-31915.html.**7.** Osoblivosti organizatsiї primiskih zaliznichnih pasazhirskih transported. Available: http://studopedia.info/1-31889.html.**8.** Fundamentals of suburban passenger traffic. Available: http://scbist.com/wiki/9011 - osnovy - organizacii - prigorodnogo - passazhirskogodvizheniya. html.**9.** The transport system of Ukraine. Available: http://reisvoer. com/news/118-transport-system.**10.** *Kristopchuk, M. J.* (2009). Efektyvnist' pasazhyrs'koyi transportnoyi systemy prymis'koho spoluchennya. *Kharkiv, KhNAUE*, 214.**11.** Kendall coefficient of concordance ranks. Available: http://ixxi.me/raznoe/koefficient-konkordacii-rangov-kendalla.**12.** Chi-square test. Available: http://www.machinelearning.ru/wiki/ index.php.

Поступила (received) 28.04.2015

УДК 004.89

Н. Б. КОПЫТЧУК, д-р техн. наук, проф., ОНПУ, Одесса;
П. М. ТИШИН, канд. физ.-мат. наук, доц., ОНПУ, Одесса;
И. Н. КОПЫТЧУК, ст. препод., ОНПУ, Одесса;
И. Г. МИЛЕЙКО, канд. техн. наук, доц., ОНПУ, Одесса

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрен вопрос описания сигналов возникающих в работе тензометрических систем. Введены базовые термины и утверждения, позволяющие задавать лингвистические описания для знаний этой предметной области. Разработанная лингвистическая модель описания сигналов позволяет определять степень нечеткого равенства нечетких ситуаций, встречающихся в работе тензометрических систем и определять среди них аномальные. Результатом работы является возможность обработки возникающих аномальных ситуаций, которые невозможно определить другими методами.

Ключевые слова: нечеткие множества, лингвистические переменные, тензометрические системы, нечеткие ситуации.

Введение. В работах [1-3], предложены решения научно - практической задачи построения информационной модели оценки массы объекта при ограниченном времени взвешивания. Подобные задачи ставятся в случае, когда необходимо определить массу движущихся с повышенной скоростью объектов. При практических наблюдениях было выявлено, что в некоторых случаях стохастический высокочастотный шум, образованный динамическими явлениями, происходящими в процессе взвешивания, может сильно отклонить построенную аппроксимирующую кривую от реального сигнала. Это является причиной возникновения повышенной погрешности оценки параметров данной модели тензометрического сигнала.

Поэтому в данной работе добавляется этап экспертной оценки получаемых временных рядов с целью диагностики процессов, происходящих в процессе взвешивания. Экспертную оценку целесообразно строить, применяя методы контроля, основанные на поиске аномалий. Для решения указанной задачи применяется аппарат теории нечетких множеств и нечетких баз знаний. Данный аппарат применялся в задачах оценки нечетких ситуаций и состоянии предметной области в работах [4, 5].

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Задача поиска и обнаружения аномалий в процессах является актуальной в широком диапазоне сфер применения: экология, электронная коммерция, анализ технологических процессов, надежность технических и информационных систем, веб-аналитика, выявление знаний и интеллектуальный анализ данных [6,7].

При решении данной задачи с целью диагностики процессов, интерпретированных временными рядами (ВР) [8], целесообразно применять методы, основанные на поиске аномалий в поведении ВР. Так как ВР обычно отображаются графиками, то процесс обнаружения аномалий обычно заключается в наблюдательной деятельности эксперта по обнаружению типичных или нетипичных ситуаций.

Цель и задачи исследования. В данной работе предлагается алгоритм определения аномалий при измерении сигналов в процессах, протекающих в условиях неопределенности, на основе анализа сформированной базы эталонов нечетких ситуаций. Результатом работы является возможность обработки возникающих аномальных ситуаций, которые невозможно определить другими методами.

Разработка методов для определения степени нечеткого равенства. При описании нечетких параметров необходимо описать нечеткие значения, которые они принимают. Чтобы избежать многозначности трактования семантических значений одного и того же параметра в различных ситуациях, построим полные ортогональные семантические пространства, которые будут служить областями нечетких значений каждого из параметров вне зависимости от рассматриваемой системы.

Для построения полного ортогонального семантического пространства (ПОСП) некоторого нечеткого параметра $\tilde{p}_i$ определим множества нечетких значений $\tilde{D}_i = \{\tilde{p}_i^k\}_{k=1..K_i}$, где K_i - количество нечетких значений, принимаемых i-м параметром, в виде нечетких чисел с треугольной функцией принадлежности μ_i^k, которая положительно определена на некотором интервале (p_{ib}^k, p_{ie}^k), где $p_{ib}^k, p_{ie}^k \in D_i$ - значения начала и конца интервала соответственно, а D_i - базовое множество нечетких значений параметра $\tilde{p}_i$.

Для того чтобы построенные множества $\tilde{D}_i$ являлись ПОСП, необходимо, чтобы они удовлетворяли следующим аксиомам [9]:

Аксиома 1 – нормальность: каждая функция принадлежности μ_i^k нечетких значений $\tilde{p}_i^k$ достигает единицы при некотором значении p_i^k базового множества D_i.

Аксиома 2 – функция μ_i^k не убывает слева от p_{ib}^k и не возрастает справа от p_{ie}^k, т. е.

$$\mu_i^k(p) \ge \mu_i^k(p_{ib}^k), \qquad p < p_{ib}^k,$$

$$\mu_i^k(p) \le \mu_i^k(p_{ie}^k), \qquad p > p_{ie}^k.$$

Аксиома 3 – функции μ_i^k не могут иметь более двух точек разрыва первого рода.

Аксиома 4 – полнота: для любого значения p из базового множества D_i найдется нечеткое значение $\tilde{p}_i^k \in \tilde{D}_i$ с ненулевым значением функции принадлежности $\mu_i^k(p)$ в данной точке, т.е.

$$\forall\, p \in D_i \quad \exists k \in [1, K_i]: \quad \mu_i^k(p) \neq 0 .$$

Аксиома 5 – ортогональность: сумма всех значений функций принадлежности $\mu_i^k(p)$ в некоторой точки p базового множества D_i должна быть равна единице, т.е.

$$\sum_{k=1}^{K_i} \mu_i^k(p) = 1, \qquad p \in D_i .$$

Определим каждое нечеткое число $\tilde{p}_i^k \in \tilde{D}_i$ через функцию принадлежности следующего вида:

$$\tilde{p}_k^i \Rightarrow \mu_k^i(p_i') = \begin{cases} 0, & p_i' \le p_{kb}^i, p_i' \ge p_{ke}^i \\ \dfrac{p_i' - p_{kb}^i}{p_k^i - p_{kb}^i}, & p_{kb}^i < p_i' < p_k^i \\ 1, & p_i' = p_k^i \\ \dfrac{p_i' - p_{ke}^i}{p_k^i - p_{ke}^i}, & p_k^i < p_i' < p_{ke}^i \end{cases}, \quad i = 1..\tilde{N}_P, k = 1..K_i . \tag{1}$$

При этом, на множестве нечетких значений i-го параметра, должны выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} \mu_k^i(p_i') = 1 - \mu_{k-1}^i(p_i'), p_{kb}^i < p_i' < p_k^i \\ \mu_k^i(p_i') = 1 - \mu_{k+1}^i(p_i'), p_k^i < p_i' < p_{ke}^i \end{cases}, \quad k = 2..(K-1), \tag{2}$$

$$\begin{cases} p_{1b}^i = p_1^i = \min\limits_{D_i}(p_i) \\ p_{Ke}^i = p_K^i = \max\limits_{D_i}(p_i) \end{cases}, \quad i = 1..\tilde{N}_P , \tag{3}$$

где p_i' - некоторое четкое значение i-го нечеткого параметра, p_{kb}^i, p_{ke}^i - начальное и конечное значения соответственно интервала значений базового множества D_i, на котором функция принадлежности k-го нечеткого значения i-го параметра положительно определена, p_k^i - значение, на котором функция принадлежности k-го нечеткого значения i-го параметра равна единице.

Можно показать справедливость следующего утверждения:

Теорема 1. Если множество нечетких значений удовлетворяет соотношениям (1-3), то оно является ПОСП.

Рассмотрим теперь множество сигналов $\{S_{d,j}\}_{d=1\,j=1}^{D\;\;J}$, где $S_{d,j}$ - сигнал полученный в результате d-ого измерения в j-ой системе первичной обработки. При этом $d = 1,...,D$, $j = 1,...,J$, D - количество рассматриваемых сигналов, J - количество систем первичной обработки. Предположим, что задано множество параметров, которыми описывается множество состояний системы $S^j = \{s_b^j\}_{b=1..B(j)}$, где $B(j)$ - количество состояний системы. Каждое состояние характеризуется некоторыми значениями параметров системы $s_b^j = (p_{1b}^j,..., p_{Mb}^j)$. Однако, при описании системы x_j в некоторый момент времени t_ξ состояния системы $s^j(t_\xi)$ могут не совпадают с заданными, в связи с неточностью данных либо с нечетким характером параметров, т.е. $p_m^j(t_\xi) - p_{mb}^j \neq 0, p_m^j(t_\xi) \in P^j(t_\xi)$, где $P^j(t_\xi)$ - множество параметров j-й системы в момент времени t_ξ. Для формализации нечеткого характера параметров системы, определим их через лингвистические переменные определенные на определенном ПОСП $\Im_m$. Нечеткость текущего состояния системы $s^j(t_\xi)$ опишем нечеткой ситуацией $\tilde{s}^j(t_\xi)$, под которой будем понимать следующее:

Определение 1: Нечеткой ситуацией будем называть нечеткое множество второго уровня [10]:

$$\begin{aligned}\tilde{S}^j &= a^j(p_m^j(t_\xi)) \big/ p_m^j \\ a^j(p_m^j(t_\xi)) &= \left\{ \mu_{mk}^j(p_m^j(t_\xi)) \big/ T_{mk}^j \right\}\end{aligned}, \tag{4}$$

где $\mu_{mk}^j(p_m^j(t_\xi))$ – значение функции принадлежности признака к определенному терму для конкретного значения $p_m^j(t_\xi)$.

Предположим теперь, что заданы две нечеткие ситуации:

$$S_i = \left\{ \frac{\mu_{S_i}(p_m)}{p_m} \right\}_{m=1}^{M}, \ S_j = \left\{ \frac{\mu_{S_j}(p_m)}{p_m} \right\}_{m=1}^{M},$$

где $\{p_m\}_{m=1}^{M}$ - набор признаков по которому определяются нечеткие ситуации,

$$\mu_{S_i}(p_m) = \left\{ \mu_k^i(T_{mk}) \big/ T_{mk} \right\}_{k=1}^{P(m)},$$

где $\mu_k^i(p_m)$ степень принадлежности признака p_m к терму T_{mk}, а $P(m)$ - количество термов в терм множестве признака p_m.

Для определения состояния объекта необходимо сравнивать некоторую входную нечеткую ситуацию S_i с каждой нечеткой ситуацией S_j. В качестве меры для определения степени близости нечеткой ситуации S_i нечеткой ситуации S_j могут использоваться:

- степень нечеткого включения нечеткой ситуации S_i в нечеткую ситуацию S_j;

- степень нечеткого равенства нечеткой ситуации S_i и нечеткой ситуации S_j.

Выбор меры близости определяется особенностями нечеткой ситуации и организацией блока принятия решений.

Определение 2. [10] Степенью включения ситуации S_i в ситуацию S_j называется величина $\nu(S_i, S_j)$, определяемая выражением:

$$\nu(S_i, S_j) = \wedge_{m=1}^{M} \nu(\mu_{S_i}(p_m), \mu_{S_j}(p_m)), \tag{5}$$

где $\nu(\mu_{S_i}(p_m), \mu_{S_j}(p_m))$ вычисляется следующим образом:

$$\nu(\mu_{S_i}(p_m), \mu_{S_j}(p_m)) = \mathop{\wedge}_{m=1}^{P(m)} (\max(1-\mu_k^i(T_{mk}), \mu_k^j(T_{mk}))). \tag{6}$$

При этом считается, что ситуация S_i нечетко включается в ситуацию S_j, $S_i \subseteq S_j$ если $\nu(S_i, S_j) \geq \lambda$, где λ - некоторое пороговое значение. Существование двух взаимных включений ситуаций S_i и S_j, означает, что при пороге включения λ ситуации S_i и S_j примерно одинаковы. Такое сходство ситуаций называется нечетким равенством, и дается следующее определение.

Определение 3 [10]. Степенью нечеткого равенства ситуации S_i и ситуации S_j называется величина $\mu(S_i, S_j)$, определяемая выражением:

$$\mu(S_i, S_j) = \nu(S_i, S_j) \wedge \nu(S_j, S_i), \qquad (7)$$

где $\nu(S_i, S_j)$ определяется соотношениями (5) – (6).

Считается, что ситуации S_i и S_j, нечетко равны, $S_i \approx S_j$, если $\mu(S_i, S_j) \geq \sigma$, где σ - некоторое пороговое значение.

Предположим, что есть некоторые нечеткие ситуации, где $\{p_m\}_{m=1}^{M}$ - набор признаков по которому определяются нечеткие ситуации. Предположим, что каждый признак $p_m, m=1,...,M$ определен на своем ПОСП $\Im_m$. При этом на множествах значений параметров $p_m, m=1,...,M$ определены множества термов значений $T_{mk}, k=1,...,P(m)$, где $P(m)$ - количество термов в терм множестве признака p_m.

$$S_i = \left\{\frac{\mu_{S_i}(p_m)}{p_m}\right\}_{m=1}^{M}, \; S_j = \left\{\frac{\mu_{S_j}(p_m)}{p_m}\right\}_{m=1}^{M}. \qquad (8)$$

Тогда справедлива следующая теорема, которую приведем без доказательства.

Теорема 2. Пусть S_i и S_j нечеткие ситуации, представимые соотношениями (8) и справедливы условия

1. Каждый признак $p_m, m=1,...,M$ определен на своем ПОСП $\Im_m$.
2. Справедливы представления

$$\mu_{S_i}(p_m) = \left\{ \gamma_{mi}^{k} \Big/ T_{mk} \right\}_{k=1}^{P(m)}, \mu_{S_j}(p_m) = \left\{ \gamma_{mj}^{k} \Big/ T_{mk} \right\}_{k=1}^{P(m)}.$$

Тогда степень нечеткого равенства $\mu(S_i, S_j)$ задаваемое формулами (7) определяется соотношением

$$\mu(S_i, S_j) = \min_{m=1,...,M} \left\{ \max_{k=1,...,P(m)} \left(\min(\gamma_{m,i}^{k}, \gamma_{m,j}^{k}) \right) \right\}. \qquad (9)$$

Применение для тензометрических систем. Предположим, что сигнал представлен в виде:

$$S = \{S_i, t_i\}_{i=1}^{n}, \qquad (10)$$

где n - количество отсчетоа в сигнале, i - номер отсчета, t_i - время получения i-ого отсчета и S_i -значение i-ого отсчета.

Для описания сигналов введем следующие параметры: $v_A^{Ch}[d, j]$ - коээфициент пропорциональный максимальному значению d-ого сигнала в j-ой системе первичной обработки; $v_T^{Ch}[d, j]$ - длительность d-ого сигнала в j-ой системе первичной обработки.

Четкий параметр $v_A^{Ch}[d, j]$ определяется соотношениями

$$v_A^{Ch}[d, j] = \left[\max_{1 \leq i \leq N(d,j)} \{S_i(d, j)\} \right] / 10000, \qquad (11)$$

где через $N(d,j)$ обозначено количество отсчетов в сигнале $S_{d,j}$. Причем в рассматриваемой системе данный параметр будет принадлежать наперед задаваемому интервалу U_A. Поэтому относительно параметра $v_A^{Ch}[d,j]$ можно выписать соотношение

$$v_A^{Ch}[d,j] \in U_A. \tag{12}$$

Для четкого параметра $v_T^{Ch}[d,j]$ вводится соотношение:

$$v_T^{Ch}[d,j] = \left[\max_{1 \le i \le N(d,j)} \{t_i(d,j)\} - \min_{1 \le i \le N(d,j)} \{t_i(d,j)\} \right] / 10000, \tag{13}$$

где через $t_i(d,j)$ обозначено время поступления i-ого отсчета в сигнале $S_{d,j}$. По аналогии с параметром $v_A^{Ch}[d,j]$ данный параметр будет принадлежать наперед задаваемому интервалу U_T.

$$v_T^{Ch}[d,j] \in U_T \ . \tag{14}$$

Рассмотрим множество сигналов $S_{d,j}$ представимых формулой (10), где $d = 1,...,D$ $j = 1,...,J$ и D - количество рассматриваемых сигналов, а J - количество систем первичной обработки.

В соответстыии с введенными параметрами введем следующие лингвистические переменные: $v_A[d,j]$ - лингвистическая переменная описания максимального значения d-ого сигнала в j-ой системе первичной обработки; $v_T[d,j]$ - лингвистическая переменная описания длительности d-ого сигнала в j-ой системе первичной обработки.

Тогда, в множестве сигналов $S_{d,j}$ представимых формулой (10), лингвистическое описание сигнала представимо в виде

$$S_{d,j}(L) = (v_A[d,j], v_T[d,j]), \tag{15}$$

где $d = 1,...,D$ $j = 1,...,J$ и D - количество рассматриваемых сигналов, а J - количество систем первичной обработки. При этом, некоторый нечеткий параметр $v \in$ $(v_A[d,j],\ v_T[d,j])$ представляет собой лингвистическую переменную, носителем которого является соответствующая четкая переменная v^{ch} принимающая значения на нтервале $(v_{\min}, v_{\max})$.

Кроме этого, параметр v определяется набором лингвистических термов:

$$V = \{V_1, V_2, ..., V_{N_v}\}, \tag{16}$$

где V_i, i-ый лингвистический терм нечеткого параметра v, $i = 1,...,N_v$, а N_v - количество термов введенных при описании нечеткого параметра v. Причем набор лингвистических термов (16) является ПОСП уовлетворяющим соотношением (1)–(3). Таким образом нечеткий параметр $v_A[d,j]$, это лингвистическая переменная описания максимального значения амплитуды сигнала представляющая из себя нечеткое множество носителем которого является переменная $v_A^{ch}[d,j]$ определяемая формулами (11) – (12). Множество лингвистических термов V^A определяющих параметр $v_A[d,j]$ задается соотношением (16), в котором $N_v = 32$.

Лингвистические термы состовляющие множество V^A имеет вид представленный на рис. 1.

Нечеткий параметр длительность сигнала $v_T[d,j]$, это лингвистическая переменная представляющая из себя нечеткое множество носителем которого является переменная $v_T^{ch}[d,j]$ определяемая формулами (13) – (14). Множество лингвистических термов V^T определяющих параметр $v_T[d,j]$ задается соотношением (16), в котором $N_v = 4$.

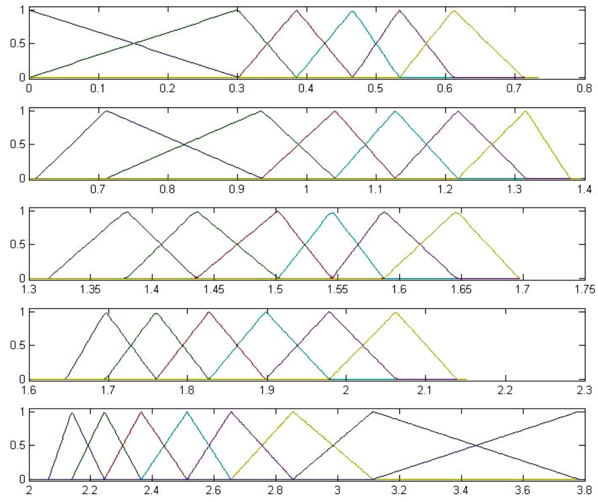

Рис. 1 – Функции принадлежности лингвистических термов множества V^A

Лингвистические термы составляющие множество V^T имеет следующий вид: V_1^T = МНС, если длительность сигнала много ниже средней; V_2^T = НС, если длительность сигнала ниже средней; V_3^T = С, если длительность сигнала средней; V_4^T = ВС, если длительность сигнала выше средней. Функции принадлежности переменной $v_T^{ch}[d,j]$ соответствующим лингвистическим термам V_i^T, определяются таким образом, чтобы они удовлетворяли формулам (1) – (3).

Определенные таким образом лингвистические переменные $v_A[d,j]$, $v_T[d,j]$, которые заданы на терм множествах V^A и V^T, позволяют описывать нечеткие ситуации в j-ой системе первичной обработки.

Расмотрим теперь две системы первичной обработки, которые измеряют сигнал от одного и того же источника в разные моменты времени. Объединяя результы для данных систем можно получить описание нечеткой ситуации в виде:

$$S_i = \left\{ \frac{\mu_{S_i}(v_A[d,j])}{v_A[d,j]}, \frac{\mu_{S_i}(v_T[d,j])}{v_T[d,j]}, \frac{\beta_{S_i}(v_A[d,j])}{v_A[d,j]}, \frac{\beta_{S_i}(v_T[d,j])}{v_T[d,j]} \right\}, \tag{16}$$

где

$$\mu_{S_i}(v_A[d,j]) = \left\{ \frac{\gamma_i^k(A,1)}{V_k^A} \right\}_{k=1}^{32}, \mu_{S_i}(v_A[d,j]) = \left\{ \frac{\gamma_i^k(T,1)}{V_k^T} \right\}_{k=1}^{4}, \tag{17}$$

$$\beta_{S_i}(v_A[d,j]) = \left\{ \frac{\gamma_i^k(A,2)}{V_k^A} \right\}_{k=1}^{32}, \beta_{S_i}(v_A[d,j]) = \left\{ \frac{\gamma_i^k(T,2)}{V_k^T} \right\}_{k=1}^{4}.$$

Здесь $\left\{\gamma_i^k(A,m)\right\}_{k=1}^{32}$, $\left\{\gamma_i^k(T,m)\right\}_{k=1}^{4}$ определяют степень принадлежности полученных $v_A^{ch}[d,j]$, $v_T^{ch}[d,j]$ для обоих систем первичной обработки, $m = 1,2$. Полученное описание (16)-(17) позволяет сформулировать следующий результат.

Теорема 3. Пусть S_i и S_j нечеткие ситуации, представимые соотношениями (16)-(17). Тогда степень нечеткого равенства $\mu(S_i, S_j)$ задаваемое формулами (7) определяется соотношением

$$\mu(S_i,S_j)=\min\begin{Bmatrix}\max\left(\min(\gamma_i^k(A),\gamma_j^k(A))\right)\\ \max\left(\min(\gamma_i^k(T),\gamma_j^k(T))\right)\\ \max\left(\min(\beta_i^k(A),\beta_j^k(A))\right)\\ \max\left(\min(\beta_i^k(T),\beta_j^k(T))\right)\end{Bmatrix}. \tag{18}$$

Для применения данного результата создается эталонная база нечетких ситуаций, которая составлена по результатам испытаний тензометрической системы для каждой пары систем первичной обработки, измеряющих сигнал от одного и того же источника в разные моменты времени.

Предположим, что описание задаваемое соотношениями (16) – (17) задает все эталоны в созданной эталонной базе нечетких ситуаций.

Тогда алгоритм применяемый для определения аномальной текущей ситуации состоит из следующих этапов:

1.Задается некоторое пороговое значение σ.

2.Выбирается первый эталон в созданной эталонной базе нечетких ситуаций.

3.Для текущей ситуации и выбранного эталона вычисляется величина определяемая соотношением (18).

4.Если вычисленная в пункте 3 величина больше порогового значения σ, то ситуация признается не аномальной и алгоритм заканчивается.

5.Если вычисленная в пункте 3 величина меньше порогового значения σ, то выбирается следующий эталон в созданной эталонной базе нечетких ситуаций и осуществляется переход в пп. 3. При этом производится проверка, если все эталоны уже обработаны, то ситуация признается аномальной и алгоритм заканчивается.

Выводы. В данной работе предлагается алгоритм определения аномалий при измерении сигналов в процессах, протекающих в условиях неопределенности, на основе анализа сформированной базы эталонов нечетких ситуаций. Результатом работы является возможность обработки возникающих аномальных ситуаций, которые невозможно определить другими методами.

Литература: **1.** *Копитчук, М. Б.* Моделювання інформаційно системних властивостей процесу реалізації вимірювань заданої надійності [Текст] / *М. Б. Копитчук, І. Г. Мілейко* . – Вісник ЧДТУ. – 2011. – № 4. – С.31-34.**2.** *Копитчук, М. Б.* Розрахункове оцінювання характеристик похибок вимірювань [Текст] / *М. Б Копитчук, І. Г. Мілейко*. – Вісник ЧДТУ. – 2011. – № 4 С.36-38 **3.** *Милейко, И. Г.* К вопросу о достоверности результатов обработки данных в информационно-измерительных комплексах [Текст] / *И. Г. Милейко, Ю. Ю. Сулима, Н. Б. Копытчук, А. В. Дрозд*. – Тез. док. 10-ї міжнар. конф. СІЕТ. – 2009. – С. 183 **4.** *Копытчук, Н. Б.* Повышение точности метода наименьших квадратов посредством введения весовой функции [Текст] / *Н. Б. Копытчук, Е. В. Шендрик* // Тр. Одеса. политехи, унта. - Одесса, 2001. - Вып. 2 (14). С. 110 - 112.**5.** *Копытчук, Н. Б.* Исследование эффективности алгоритма метода наименьших квадратов с предварительным преобразованием исследуемых данных [Текст] / *Н. Б. Копытчук, Е. В. Шендрик* // Праці УНДІРТ. Одеса, 2001. — № 3 (27). — С. 72 - 74.**6.** *Копытчук, И. Н.* Построение аппроксимирующей нечеткой зависимости для определения параметров классификации аномалий тензометрических сигналов [Текст] / *И. Н. Копытчук, Н. Б. Копытчук, П. М. Тишин, И. Г. Милейко* // Тр. Одесского политехн. ун-та. Одесса, 2014. - С. 68 —69.**8.** *Афанасьева, Т. В.* Нечеткое моделирование временных рядов и анализ нечетких тенденций [Текст] / *Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева*. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – С. 299.**9.** *Рыжов, А. П.* Элементы теории нечетких множеств и ее приложений [Текст] / *А. П. Рыжов.* – Москва,

2003. – С. 81. **10.** *Борисов В. В.* Нечеткие модели и сети [Текст] / *В. В. Борисов, В. В. Круглов, В. В. Федулом.* – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – С. 284.

Bibliography (transliterated):1. *Kopitchuk, M. B., Mileyko, I. G.* (2011). Modelyuvannya informatsiyno systemic vlastivostey processes realizatsiï vimiryuvan zadanoï nadiynosti, News CHDTU, 4, 31-34.**2.** *Kopitchuk, M. B., Mileyko, I. G.* (2011). Rozrahunkove otsinyuvannya characteristics pohibok vimiryuvan, News CHDTU, 4, 36-38.**3.** *Mileiko, I. G., Sulima, Y., Kopytchuk, M. B., Drozd, A. V.* (2009). On the question of reliability of the results of data processing in the information-measurement systems, Abstracts. Doc. 10, mizhnar. Conf. SIET, 183.**4.** *Kopitchuk, M. B., Shendrik, E. V.,* (2001) Improving Accuracy of the least squares method by introducing a weighting function, Proc. Odes. Politekh Unt, Odessa, 2 (14), 110 - 112.**5.** *Kopitchuk, M. B., Shendrik, E. V.* (2001). Efficacy method of least squares algorithm with a preliminary study of data transformation, Pratsi UNDIRT, Odessa, 3 (27), 72 - 74.**6.** *Kopytchuk, I. N., Kopytchuk, M. B., Tishyn P. M., Mileiko, I. G.* (2014). Building approximating fuzzy depending on the parameters for determining the classification of anomalies strain gauge signals, Proc. Odessa. Polytechnic Univ, Odessa, 68 -69.**8.** *Afanasyev, T. V., Yarushkina, N. G.* (2009). Fuzzy modeling of time series analysis and fuzzy trends TV Afanasyev, Ulyanovsk: UlSTU, 299.**9.** *Ryzhov, A. P.* (2003). Elements of the theory of fuzzy sets and its applications, Moscow, 81.**10.** *Borisov, V. V., Kruglov, V. V., Fedulom, V. V.* (2007). Fuzzy models and network, M: Hotline - Telecom, 284.

Поступила (received) 28.04.2015

УДК 62-1/-9.007.005.1:62-503.5

И. А. ЛУЦЕНКО, д-р техн. наук,доц., проф., Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Разработана архитектура управляемой системы с возможностью полномасштабной параметрической оптимизации. Установлено, что это возможно, если функции преобразования и буферизации технологического продукта выполняют разные системы. Синтезирована архитектура системы преобразования на примере технологического процесса нагрева жидкости. Установлено, что системы с непрерывной подачей – выдачей сырьевого продукта являются частным случаем полностью управляемых систем с архитектурой, обеспечивающей возможность оптимального управления.

Ключевые слова: синтез систем, управляемая система, система преобразования, система буферизации, структура системы

Введение. Вопросам оптимизации или оптимального управления посвящено огромное количество публикаций, и число этих публикаций продолжает лавинообразно возрастать. При этом из вида выпускается тот факт, что технология оптимального управления может быть полноценно реализована только в том случае, если для этого имеется вполне определенная системная возможность.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Основным описательным документом для разработчиков управляемых систем является руководство по стандартам управления MRP, ERP и CRM [1].

Анализ содержимого этих документов показывает, что в них нет описания концепции построения структуры оптимальной управляемой системы и определения критерия эффективности. Одной из общих тенденций системотехники, является восприятие системы как самостоятельного объекта, процессы которого подлежат оптимизации [2-4]. Конечно, имея внутренние запасы энергетического продукта или доступ к этим запасам,можно управлять их подачей и, тем самым,