

СИСТЕМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.93

Л.Г. Ахметшина, А.А.Егоров

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Введение. Вопрос сегментации является одним из основных при анализе различных низкоконтрастных медицинских изображений, частным примером которых являются маммограммы. Непосредственный визуальный анализ таких изображений затруднен, с одной стороны, ограниченностью зрительного восприятия человека (трудно, а часто невозможно, определить границы областей при плавных перепадах яркости, столь характерных для них), а с другой стороны, неоднозначностью решения задачи.

Целью компьютерной обработки таких изображений является увеличение контрастности, детальности, выделение однородных областей (сегментация/кластеризация), что делает изображения более информативными.

Постановка задачи. В настоящее время для решения этой задачи часто применяются различные методы нечеткой кластеризации, основой которых служит метод FCM (Fuzzy C – Means). Нечеткая или мягкая кластеризация вводит понятие нечетких кластеров и функцию принадлежности объектов к ним, изменяющуюся в интервале $[0,1]$, что позволяет оценить степень принадлежности объекта к тому либо иному классу. В результате работы алгоритма FCM всем объектам ставится в соответствие вектор из функций принадлежности к каждому классу, на основе которого можно делать выводы о природе данного объекта.

В [1] было показано, что результаты нечеткой кластеризации существенно зависят от предобработки исходных данных. В [2] нами была предложена модификация базового алгоритма FCM на основе динамического преобразования функции принадлежности, которая приводит к улучшению результатов кластеризации. Целью данной работы является изучение влияния метода динамического

преобразования функции принадлежности на результаты кластеризации модифицированного алгоритма FCM.

Решение задачи. Задача нечеткой кластеризации формулируется следующим образом [3]: на основе исходных данных D определить такое нечеткое разбиение $\mathfrak{R}(A) = \{A_k \mid A_k \subseteq A\}$ или нечеткое покрытие $\mathfrak{Z}(A) = \{A_k \mid A_k \subseteq A\}$ множества A на заданное число c нечетких кластеров $A_k (k \in \{2, \dots, c\})$, которое доставляет экстремум некоторой целевой функции $f(\mathfrak{R}(A))$ среди всех нечетких разбиений или экстремум целевой функции $f(\mathfrak{Z}(A))$ среди всех нечетких покрытий.

Для уточнения вида целевой функции $f(\mathfrak{Z}(A))$ в рассмотрение вводятся некоторые дополнительные понятия. Прежде всего, предполагается, что искомые нечеткие кластеры представляют собой нечеткие множества A_k , образующие нечеткое покрытие исходного множества объектов кластеризации A , для которого имеет место следующие соотношение:

$$\sum_{K=1}^c u_{A_K}(a_i) = 1 (\forall a_i \in A) \quad (1)$$

где c – общее количество нечетких кластеров $A_k (k \in \{2, \dots, c\})$, которое считается предварительно заданным ($c \in N$ и $c > 1$). Для каждого нечеткого кластера вводятся в рассмотрение так называемые типичные представители или центры v_k , искомым нечетких кластеров $A_k (k \in \{2, \dots, c\})$, которые рассчитываются по каждому из признаков по следующей формуле:

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ki})^m \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1}^n (u_{ki})^m} (\forall K \in \{1, \dots, c\}) \quad (2)$$

где x_i – вектор размерности q , описывающий i -й пиксель исходного изображения, v_k вектор размерности q , описывающий центр k -го нечеткого кластера, u_{ki} – значение функции принадлежности i -го пикселя исходного изображения к k -му нечеткому кластеру; m – параметр, называемый экспоненциальным весом ($m > 1$).

Таким образом, базовый алгоритм FCM состоит из следующих шагов:

инициализация числа кластеров c , значения m , начальных значений функции принадлежности u ;

вычисление значений центров нечетких кластеров в соответствии с (2);

вычисление текущего значения целевой функции

$$f_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (u_{ki})^m \sum_{j=1}^q (x_{ij} - v_{kj})^2 ; \quad (3)$$

вычисление текущих значений функции принадлежности.

$$u_{ik} = \left[\sum_{l=1}^c \frac{\left(\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right)^{1/2}}{\left(\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kl})^2 \right)^{1/2}} \right]^{\frac{2}{m-1}} (\forall k \in \{1, \dots, c\}). \quad (4)$$

если разность целевых функций текущего и предыдущего шагов $|f_t - f_{t-1}| > \varepsilon$, где ε - пороговое значение, то переход к пункту 2.

В предложенном нами в [2] модифицированном алгоритме FCM после вычисления текущего значения функции принадлежности, в соответствии с (4), прежде чем перейти к шагу 5, производится ее преобразование. В ходе преобразования функции принадлежности интерпретируется как изображение, что позволяет применять известные методы улучшения изображений и повышения их контрастности. Данная операция приводит к существенному изменению результатов кластеризации.

Следует заметить, что существует множество таких методов, результаты применения которых существенно зависят как от физической природы изображения, так и от его конкретных характеристик. Для улучшения низкоконтрастных изображений, особенностью которых является наличие всех уровней серого, с плавными переходами между ними, хорошие результаты дают нечеткий метод с применением усиливающего оператора, нечеткой гиперболизации гистограммы [4], а также градиентный метод. Именно они были применены в наших исследованиях в качестве методов динамической модификации функции принадлежности.

Экспериментальные результаты были получены на примере обработки маммограммы, исходное изображение которой приведено на рис. 1а. На рис 1б приведен результат его кластеризации базовым

алгоритмом FCM, который позволил детализировать изображение, выделить дефекты пленки, однако область интереса представлена в виде текстуры, затрудняющей визуальный анализ.

Количество нечетких кластеров в эксперименте было выбрано равным 10, параметр $m = 2$, пороговое значение $\varepsilon = 10^{-5}$.

На рис.2 представлены результаты кластеризации предложенным методом.

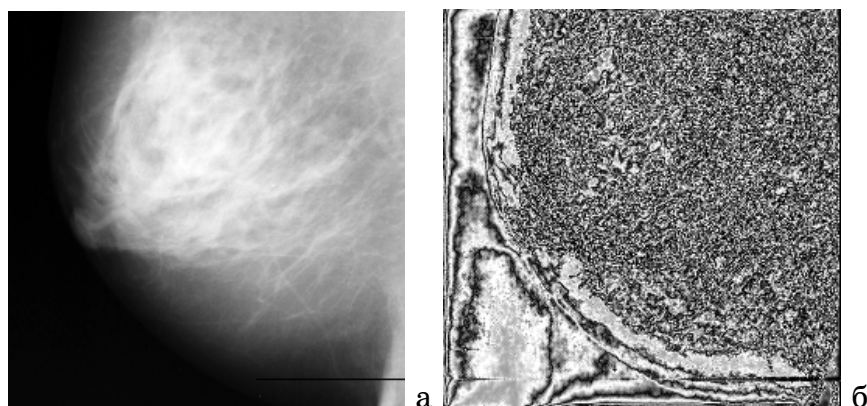


Рисунок 1 - а – исходное изображение; б – кластеризация базовым алгоритмом FCM

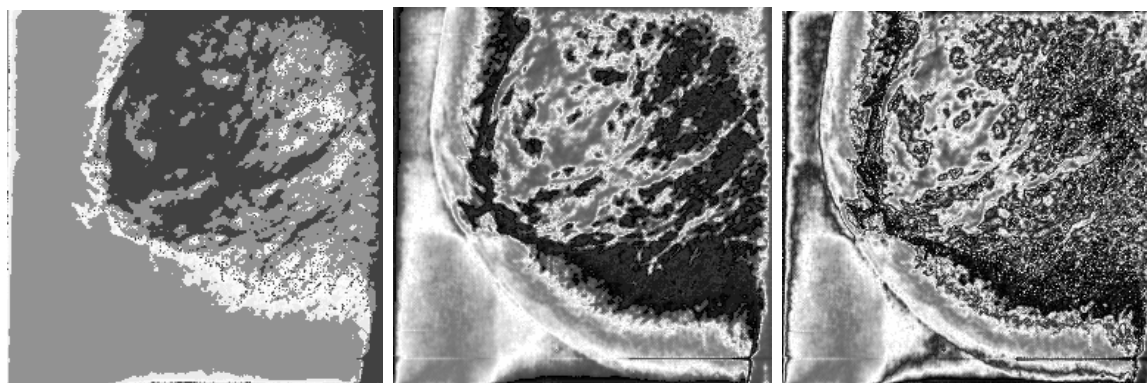


Рисунок 2 - Кластеризация с использованием модификации функции принадлежности: а, б – нечеткими методами; в – градиентным методом

При применении метода усиливающего оператора (рис 2а), функция принадлежности модифицируется в соответствии с формулами:

$$F_e = 2, F_d = \frac{\min - \max}{0.5^{-1/F_e} - 1}, \quad (5)$$

$$u'_{xy} = \left[1 + \frac{\max - u_{xy}}{F_d} \right]^{F_e}, u'_{xy} = \begin{cases} 2 * (u'_{xy})^2, 0 \leq u'_{xy} \leq 0.5 \\ 1 - 2 * (1 - u'_{xy})^2, 0.5 \leq u'_{xy} \leq 1 \end{cases}, \quad (6)$$

$$u'_{xy} = \max - F_d * \left((u'_{xy})^{-1/F_e} - 1 \right) \quad (7)$$

где x, y - координаты пикселя; $\min, \max$ - минимальное и максимальное значения интенсивности.

При нечеткой гиперболизации гистограммы (рис 2б) используются следующие формулы для модификации функции принадлежности:

$$\beta = -0.75 + u * 1.5, u'_{xy} = \left(\frac{\max}{e^{-1} - 1} \right) * (e^{-\mu^\beta} - 1) \quad (8)$$

В градиентном методе (рис 2в) используется изменение функции принадлежности на основании среднего по окну (размер окна 3x3 пикселя).

Полученные результаты наглядно демонстрируют улучшение качества сегментации области интереса и ярко выраженную зависимость сегментации от выбранного метода преобразования функции принадлежности.

Мы протестировали наш метод на различных типах изображений и на основании полученных результатов сделали следующие выводы:

1. Применение предложенного модифицированного алгоритма нечеткой кластеризации с целью сегментации низкоконтрастных медицинских изображений дает лучшие результаты, по сравнению с базовым алгоритмом FCM.
2. Выбор метода динамической модификации функции принадлежности существенно влияет на результаты кластеризации.
3. Не найдена какая-либо закономерность между выбранным методом и результатами кластеризации предложенным модифицированным алгоритмом FCM, следовательно, для каждого изображения выбор метода следует производить экспериментальным путем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.А. Влияние расширения пространства информативных признаков на повышение чувствительности нечеткой кластеризации. –Дн-ск: Системні технології, 2004, № 6, с.128–134.
2. Ахметшина Л.Г., Егоров А.А. Модификация метода нечеткой кластеризации на основе динамического преобразования функции принадлежности, Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” – 2006 – С. 6-7.
3. Леоненков А., Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – С–П.: БХВ–Петербург, 2003. – 719 с.
4. Aboul Ella Hassanien, Amr Badr. A Comparative Study on Digital Mamography Enhancement Algorithm Based on Fuzzy Theory. – Studies in Informatics and Control – 2003. - №1, т. 12. – С. 21-31.

Получено 22.11.2006 г.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

Актуальность темы. Широкий класс объектов и систем управления адекватно представляются в виде системы линейных нестационарных дифференциальных уравнений с производными в правой части. Необходимость в их представлении в пространстве состояний возникает при решении обширного класса задач.

Анализ последних исследований. В рамках полиномиального подхода к задаче реализации в пространстве состояний линейных стационарных систем получены необходимые и достаточные условия решения вопроса [1]. В данной работе предпринята попытка обобщить эти результаты на нестационарный случай.

Постановка задачи. Получить необходимые и достаточные условия представимости системы линейных нестационарных дифференциальных уравнений с производными в правой части в виде системы уравнений первого порядка в пространстве состояний. Предложить процедуру реализации системы в пространстве состояний. Выяснить условия физической реализуемости систем управления.

Обоснование полученных результатов. В качестве модели линейной нестационарной системы управления (ЛНСУ) будем использовать систему линейных нестационарных дифференциальных уравнений, записанную в операторной форме

$$A_1 x = B_1 u, \quad (1)$$

где $A_1 \in R^{n \times n}$, $B_1 \in R^{n \times m}$, $u \in X^m$. Здесь R – кольцо линейных нестационарных дифференциальных операторов с коэффициентами из произвольного поля Q функций времени t , замкнутого относительно дифференцирования, X – пространство сигналов, состоящее из бесконечнодифференцируемых, за исключением конечного числа точек, функций.

В качестве моделей ЛНСУ рассмотрим также последовательное соединение двух систем:

$$x = B_r z, A_r z = u, \quad (2)$$

где $x \in X^n$, $u \in X^m$, $B_r \in R^{n \times m}$, $A_r \in R^{m \times m}$.

Назовём систему (1) (соответственно (2)) правильной, если матрица формальных передаточных функций [2] над телом $K_l = A_l^{-1}B_l$ ($K_r = B_r A_r^{-1}$) правильная [3]. В ряде работ это свойство называется причинностью. Если же K_l (K_r) - строго правильная матрица, то так же будем называть и систему.

В этой работе показано, что правильные системы и только они допускают представление в пространстве состояний в указанном ниже смысле. Изучается возможность физической реализации системы, позволяющей представить её в виде суперпозиции интеграторов, сумматоров и усилителей с переменными и ограниченными при $t \geq 0$ коэффициентами усиления.

Рассмотрим систему уравнений в пространстве состояний в операторной форме

$$\begin{aligned} p y &= F y + G u, \\ x &= H y + L u, \end{aligned} \quad (3)$$

где F, G, H, L – матрицы коэффициентов над Q размером l на l , l на m , n на l , n на m соответственно. Матрица $M = pI_l - F$ правильна по строкам и столбцам. Причём в терминах работы [3] $C_E^c = C_E^r = I_l$, т.е. ранги матриц C_E^c и C_E^r равны l и следовательно ранг матрицы M также равен l . Система (3) совместна, а матрица M обратима над телом частных R_q . Если для системы в качестве пространства сигналов взять факторпространство X/X_0 , то её можно переписать в виде формальной передаточной матрицы $x = K u$, где $x \in (X/X_0)^n$, $u \in (X/X_0)^m$, $K = H(pI_l - F)^{-1}G + L$.

Определим, что система (1) или (2) реализуема, если найдутся такие матрицы коэффициентов F_i, G_i, H_i, L_i , $i=1,2$, что для некоторого целого числа l_i

$$A_l^{-1}B_l = H_1(pI_{l_1} - F_1)^{-1}G_1 + L_1 \quad (4)$$

или

$$B_r A_r^{-1} = H_2(pI_{l_2} - F_2)^{-1}G_2 + L_2 \quad (5)$$

Теорема. Для того, чтобы система (1) (соответственно (2)) была реализуема, необходимо и достаточно, чтобы она была правильной. Причём в (4) (соответственно в (5)) $L_1=0^{n \times m}$ ($L_2=0^{n \times m}$) тогда и только тогда, когда система (1) (соответственно (2)) строго правильная.

Необходимость. Пусть имеет место соотношение (4). Рассмотрим уравнение $M(pI_{l_1} - F_1) = A H_1$ относительно $M \in (R)^{n \times l_1}$ и $A \in (R)^{n \times n}$. Так как ранг $\text{rk}(pI_{l_1} - F_1)$ полный, то среди его решений найдутся такие, что $\text{rk } A = n$. Используя предложение 1 из [3], добьемся у

матрицы A правильности по строкам. Тогда $A^{-1} M = H_1(pI_{l_1} - F_1)^{-1}$. Матрица $(pI_{l_1} - F_1)$ правильная по столбцам со степенями столбцов $cd_i(H) < cd_i(pI_{l_1} - F_1)$, $i=1...l_1$. В силу [3], матрица $A^{-1} M$ будет строго правильной и для степеней строк имеем $rd_i(M) < rd_i(A)$, $i=1...n$. Так как степени элементов матрицы коэффициентов G_1 равны нулю, то $rd_i(MG_1) \leq rd_i(M)$, $i=1...n$. Обозначим $B=MG_1$. Тогда $A^{-1} B = A_1^{-1}B_1$ – строго правильная матрица. При $L_1=0^{n \times m}$ такой же будет и система (1). При ненулевой L_1 в (4) имеем $A^{-1}B + L_1 = A^{-1}(B + AL_1) = A_1^{-1}B_1$. В силу того, что степени элементов матрицы коэффициентов G_1 равны нулю, имеем $rd_i(B_1) \leq rd_i(A_1)$. Согласно [3], матрица $A_1^{-1}B_1$, а следовательно и система (1) будут правильными. Для системы (2) доказательство аналогично.

Достаточность. Вначале, следуя [3], умножим систему (1) слева на элементарную матрицу, приводящую A_1 к правильной по строкам матрице. Запишем элементы матриц в (1) в виде $\sum_{i=0}^p p^i a_i$. Представим, следуя обозначениям [3], $A_1 = \text{diag}(p^{d_1}, p^{d_2} \dots p^{d_n}) C_{A_1}^r + (A_1)^r_L$, где $d_i = rd_i(A_1)$, $rd_i((A_1)^r_L) < d_i$, $i=1...n$. Запишем $B_1 = \text{diag}(p^{d_1}, p^{d_2} \dots p^{d_n}) C_{B_1}^r + (B_1)_l$, где $rd_i((B_1)_l) < d_i$, $i=1...n$, причём C_{B_1} в общем случае не равно $C_{B_1}^r$. Если система (1) строго правильная, то ниже положим $R_1 = B_1$, а в (4) возьмём $L_1=0^{n \times m}$. В противном случае, обозначив $L_1 = (C_{A_1}^r)^{-1} C_{B_1}$, получим $B_1 = R_1 + A_1 L_1$, где $rd_i(R_1) < d_i$, $i=1...n$. Тогда

$$A_1^{-1}B_1 = A_1^{-1}R_1 + L_1, \quad (6)$$

где $A_1^{-1}R_1$ строго правильная матрица.

Обозначим $P_1 = (A_1) (C_{A_1}^r)^{-1}$ и распишем матрицы поэлементно

$$P_1 = \frac{\sum_{k=0}^{d_1-1} p^k f_{1,1,k} \dots \sum_{k=0}^{d_1-1} p^k f_{1,n,k}}{\sum_{k=0}^{d_n-1} p^k f_{n,1,k} \dots \sum_{k=0}^{d_n-1} p^k f_{n,n,1}},$$

$$R_1 = \frac{\sum_{k=0}^{d_1-1} p^k h_{1,1,k} \dots \sum_{k=0}^{d_1-1} p^k h_{1,n,k}}{\sum_{k=0}^{d_n-1} p^k h_{n,1,k} \dots \sum_{k=0}^{d_n-1} p^k h_{n,n,1}},$$

$$(C_{A_1}^r)^{-1} = \frac{g_{1,1} \dots g_{1,n}}{g_{n,1} \dots g_{n,n}}.$$

$$F_1 = \begin{pmatrix} {}_1F_{1,1} & \dots & {}_1F_{1,1} \\ \dots & \dots & \dots \\ {}_1F_{n,1} & \dots & {}_1F_{n,n} \end{pmatrix}, \quad G_1 = \begin{pmatrix} {}_1G_{1,1} & \dots & {}_1G_{1,1} \\ \dots & \dots & \dots \\ {}_1G_{n,1} & \dots & {}_1G_{n,n} \end{pmatrix},$$

$$H_1 = {}_1H_1 \cdot \dots \cdot {}_1H_n,$$

где

$${}_1F_{i,i} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & -f_{i,i,0} \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & -f_{i,i,1} \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & -f_{i,i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & -f_{i,i,d_i-1} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & -f_{i,j,0} \end{pmatrix}, \quad {}_1H_i = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & g_{1,i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & g_{n,i} \end{pmatrix},$$

$${}_1F_{i,j} = \begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & -f_{i,j,d_i-1} \end{pmatrix}, \quad i \neq j, \quad {}_1G_{i,j} = \begin{pmatrix} h_{i,j,0} \\ \dots \\ h_{i,j,d_i-1} \end{pmatrix}.$$

Матрицы F_1 , G_1 , H_1 , ${}_1F_{i,j}$, ${}_1G_{i,j}$, ${}_1H_i$, элементы которых лежат в Q , имеют размеры l_1 на l_1 , l_1 на m , n на l_1 , d_i на d_j , d_i на 1 , n на d_i , соответственно. Здесь $l_1 = \sum_{i=1}^n d_i$.

Введём матрицу размером n на l_1 : $S_1 = \text{diag}(s_1 \ s_2 \ \dots \ s_n)$, $s_i = |1 \ p \dots p^{d_i-1}|$. Из способа построения F_1 и H_1 следует, что $S_1 F_1 + A_1 H_1 = S_1 p I_{l_1}$ или $S_1(p I_{l_1} - F_1) = A_1 H_1$. Отсюда $H_1(p I_{l_1} - F_1)^{-1} = A_1^{-1} S_1$. Поскольку $R_1 = S_1 G_1$, то, учитывая (6), подобно стационарному случаю [1], получаем $A_1^{-1} B_1 = A_1^{-1} R_1 + L_1 = H_1(p I_{l_1} - F_1)^{-1} G_1 + L_1$.

Для системы (2) доказательство аналогично, но отличается способом построения матриц F_2 , G_2 , H_2 , L_2 .

Выделим в поле Q подкольцо Q_T , состоящее из функций, не имеющих полюсов при $0 \leq t < \infty$ (полюса в бесконечности допустимы). Рассмотрим в R подкольцо R_T операторов с коэффициентами из Q_T . Назовём систему (1) физически реализуемой, если для неё найдётся представление в пространстве состояний с ограниченными коэффициентами из Q_T . Очевидно, что, если система (1) правильная, элементы матриц лежат в R_T и матрица $C_{A_1}^r$ обратима над R_T , то она физически реализуема. Аналогичное утверждение имеет место и для системы, записанной в виде (2).

Эти утверждения не являются обратимыми, даже если исходно положить, что элементы матриц лежат в R_T . Рассмотрим систему вида (1) $(tp-1)x = t^2 u$. Она физически не реализуема, так как $C_{A_1}^r = t$ не обратима над Q_T . Поскольку $t^2 \ p = (tp-1) \ t$, то система вида (2) $x = tz$, $pz = u$ ей эквивалентна и физически реализуема.

Таким образом, для физической реализации систем, целесообразно, в случае необходимости, использовать их эквивалентные представления.

Выводы. Показано, что правильные системы и только такие, допускают представление в пространстве состояний. Предложена процедура реализации. Получены достаточные условия физической реализуемости реализации в виде ограниченности её переменных коэффициентов усиления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wolovich W. A., Antsaklis P. The canonical diophantine equations with applications // SIAM J. Contr. and. Optimiz. 1984. v. 22. N 5. p. 777-787.
2. Григорьев В.М. Формальные передаточные функции для линейных нестационарных систем// Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 5 (28). - Днепропетровск, 2003. - С. 3–9.
3. Григорьев В.М. Правильные операторные матрицы // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 6 (41). - Днепропетровск, 2005. - С. 10–14.

Получено 03.10.06 г.

УДК 681.32

В.Ф. Истушкин, А.В. Мирошниченко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ УКАЗОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ БЕСПРОВОДНОГО ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ

Введение. Для создания компьютерных сетей используются, как правило, различного вида проводные и оптоволоконные каналы связи. Однако на практике возникают случаи, когда проводная и оптоволоконная связь при оперативном создании канала связи вообще не возможна. Кроме того, даже при наличии таких каналов желательно иметь в резерве не очень дорогие, дополнительные, достаточно быстродействующие каналы связи на время ремонта основных сетей, вышедших из строя в силу различных причин.

В качестве такого канала на небольших расстояниях можно использовать лазерную связь.

Такая связь, хотя и зависит от погодных условий, но по сравнению с радиоканалом обладает более высокой пропускной способностью, отсутствием необходимости арендовать полосу частот, а также не создает взаимных помех другим пользователям таких каналов.

Постановка задачи. Цель настоящей работы рассмотреть возможности использования лазерных указок в оптическом канале связи и на основе анализа существующих схемных решений и опыта эксплуатации таких каналов выработать рекомендации для создания действующего учебного макета по изучению принципов работы и особенностей эксплуатации оптической аппаратуры.

Обоснование полученных результатов. Сигнал на выходе COM-порта компьютера является цифровым и представляется в униполярном или биполярном коде без возврата к нулю – NRZ (Non Return to Zero). При передаче данных таким кодом по проводным каналам связи на большие расстояния возникают различные проблемы, связанные с нарастанием постоянной составляющей тока с течением времени, блокирующей устройства цифрового тракта, приводит к искажениям формы передаваемых импульсов; с нарушением правильной работы устройств синхронизации и др. [1]. Перечисленные проблемы для проводного канала связи в основном

решаются с помощью линейного кодирования, но для оптического канала связи наличие постоянной составляющей в принятом сигнале эквивалентно росту уровня помехи. Все это потребует значительного увеличения отношения. Кроме того, на величину этой “помеховой” составляющей и её характер изменения во времени будет влиять шум фотоприемника, вызванный различными причинами [2].

Шум на фотоприемнике состоит из 3-х основных составляющих:

- атмосферные оптические помехи;
- дробовые шумы;
- собственные шумы фотоэлемента и усилителя.

По свойствам и физической природе атмосферные оптические помехи можно разделить на две группы:

Постоянные фоновые помехи, вызванные собственным излучением атмосферы Земли или рассеянием излучения от Солнца, Луны и др.;

Помехи за счет искажений оптического сигнала атмосферой.

Первая группа представляет собой аддитивные помехи, суммирующиеся с передаваемым сигналом, в виде постоянной (или медленно меняющейся во времени) и случайной составляющих. Это приводит к уменьшению динамического диапазона приемника и тем самым снижает эффективность системы передачи информации.

Вторая группа помех изменяет величину и форму самого передаваемого сигнала, и увеличение мощности оптического сигнала не приведет к линейному росту отношения сигнал/шум.

Дробовые шумы возникают из-за флуктуации интенсивности принятого оптического сигнала.

Собственные шумы фотоэлемента и первого усилительного каскада характеризуют тип фотоэлемента, схему его включения и режим работы, тип усилительного элемента и др.

Наиболее весомой причиной шума принято считать фоновое излучение.

При разработке схемы оптического приемника необходимо предусмотреть специальное преобразование сигнала, устраняющее постоянную составляющую за счет NRZ кода и меры по уменьшению влияния изменения фоновой помехи во времени.

Из анализа существующих схемных решений по устранению постоянной составляющей, вызванной использованием NRZ кода для

модуляции лазерного луча, рекомендуется на приемной стороне сигнал после фотоприемника продифференцировать и обработать триггером Шмитта [3].

Для стабилизации уровня фоновой помехи во времени можно использовать искусственное засвечивание фотодиода, но это может увеличить уровень шумов в фотодиодном режиме и ослабить полезный сигнал в фотогальваническом режиме. Однако, если это засвечивание сделать адаптивным к изменению уровня освещенности (интенсивности фоновой помехи от времени суток), можно добиться желаемого эффекта.

В качестве источника света в оптическом канале часто используют лазерную указку, излучающую свет с длиной волны 780-900нм. Она состоит из светоизлучающего диода и схемы ограничения мощности светового излучения. Управление интенсивностью излучения можно осуществлять специальным модулятором, схема которого должна быть простой с минимальным количеством деталей. Для разрабатываемого макета логично использовать схему, приведенную в [4], состоящую из аналоговой и цифровой частей. Эта схема позволяет осуществлять переключение скоростей передачи данных.

Для приема сигнала можно использовать обычные фотодиоды, работающие в фотодиодном и фотогальваническом режимах.

В первом режиме при увеличении уровня освещения растет уровень шумов, а уровень полезного сигнала практически не меняется.

Во втором режиме уровень шумов не увеличивается с ростом уровня освещенности, но полезный сигнал ослабевает.

Максимум спектральной чувствительности обычных фотодиодов находится в начале инфракрасного диапазона, что совпадает с диапазоном работы лазерных указок по длине волны. При разработке усилителя особое внимание надо уделить аналоговой части, которая в основном определяет уровень шумов. Она должна экранироваться от воздействия внешних помех. Питание необходимо осуществлять не от компьютера, а от отдельного стабилизированного источника. Цифровую часть можно выполнить на RS-триггере с входным усилителем для работы на длинную линию передачи.

Однако, целесообразней поставить усилитель порта, выполняющего преобразование RS-232 при передаче сигнала по длинной линии на модулятор и при приеме сигнала (см. рис.1) [3]

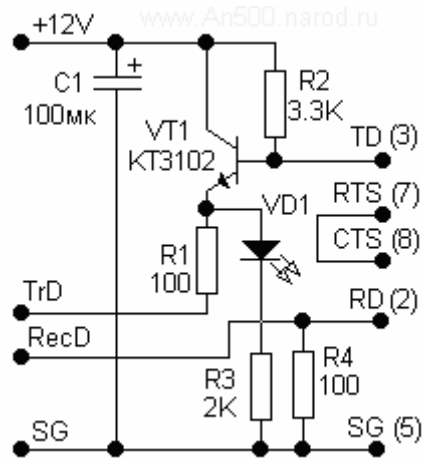


Рисунок 1 - Усилитель порта

Такой усилитель преобразует RS-232 в более интерфейс, пригодный для передачи на длинную линию и приема сигнала с неё. Светодиод VD1 служит для индикации работы лазерной указки на излучении при передаче сигналов. При отсоединении усилителя от порта компьютера режим излучения будет постоянным, без модуляции, что удобно при юстировке приемника и передатчика.

Схема соединения составных частей оптического канала и компьютера представлена на рис.2.

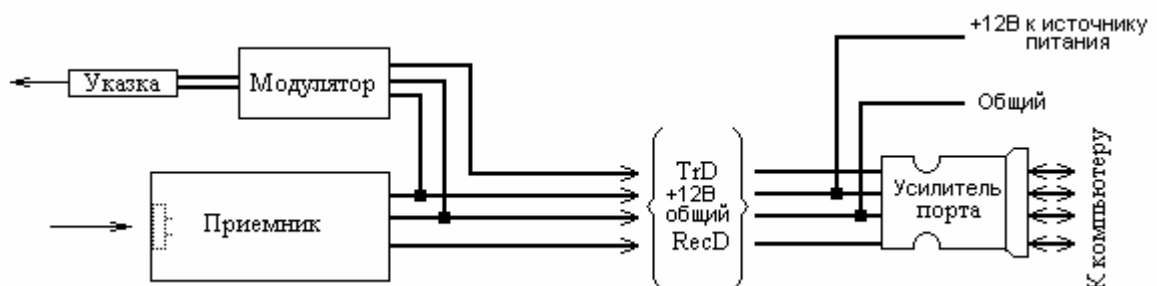


Рисунок 2 - Структурная схема оптического канала

Выводы. Изучение схмотехнических решений для оборудования оптического канала позволило осуществить выбор базовых схем для разработки учебного макета, а также выявить достоинства и недостатки анализируемых комплектов аппаратуры. Программное обеспечение не анализировалось в виду его простоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лагутенко О.И. Модемы. Справочник пользователя СПб.: “Лань”., 1997-368с.
2. Зуев В.Е. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере в условиях помех. – М.: Советское радио, 1966.
3. Вялков А. В. <http://www.an500.narod.ru/optolink/optolink.htm>
4. Ковалев С. Связь на лазерных указках при скорости 115200 цифровая и аналоговая часть схемы.

Получено 24.11.2006 г.

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ФОНЕМ МОВНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ

Актуальність теми. Головним завданням системи фонетичного розпізнавання мови є розбивка безперервного мовного сигналу на окремі фонемі і їх подальше розпізнавання. Точність сегментації - один з чинників надійності і вірогідності автоматичного розпізнавання мови. Ручна сегментація вимагає значних витрат сил і часу, і вона піддана помилкам. Крім того, внаслідок мінливості людського зорового й слухового сприйняття практично неможливо відтворити її результати. Автоматична сегментація не безпомилкова, однак вона несуперечлива по своїй суті, і результати такої сегментації можна відтворити. Ідеальна система розпізнавання повинна сегментувати безперервне мовлення будь-якого диктору і будь-якою мовою.

Аналіз останніх досліджень. Існує два основних типи алгоритмів сегментації мови [1,2]. До першого типу належать алгоритми, які роблять сегментацію мовного сигналу за умови, що відомо послідовність фонем даної фрази. Інший тип алгоритмів не використовує апріорної інформації про фразу, і при цьому границі сегментів визначаються по ступені зміни акустичних характеристик сигналу. Існують і інший тип алгоритмів, які приймають рішення як на основі апріорної інформації, так і на основі зміни акустичних характеристик.

Постановка задачі. Метою даної роботи є проведення експериментального дослідження значень формант спектра ударних голосних української мови за допомогою кластерного аналізу, порівняльний аналіз отриманих значень із формантами голосних російської мови.

Теоретичне обґрунтування. Обробка мовного сигналу. Голосовий тракт людини - це неоднорідна акустична трубка. Площа поперечного перерізу трубки неоднакова й залежить від положення артикуляторів. Голосовий тракт має деякі стійкі види резонансних коливань, а саме форманти, які істотно залежать від положення артикуляторів. При аналізі й синтезі мови авторегресійна модель мовного сигналу

зарекомендувала себе як модель, що добре описує поведження мовного тракту при його описі у вигляді динамічної труби [3]. Вихідний мовний сигнал $x(n)$ моделюється як лінійна комбінація попередніх відліків сигналу.

Рівняння, що описує авторегресійний процес, визначається наступною формулою:

$$x(n) = \sum_{i=1}^P a(i)x(n-i) + \xi(n), \quad (1)$$

де $x(n)$ – масив даних розміром n ; $a(i)$ – авторегресійні коефіцієнти процесу; P – порядок процесу; $\xi(n)$ – процес, що породжує, типу гаусовського білого шуму. Параметри авторегресійної моделі мовного сигналу, а саме її вектор коефіцієнтів $a(i)$, обчислюються на основі мінімізації помилки лінійного пророкування по її дисперсії. Далі аналізується спектр сигналу, отриманого на основі коефіцієнтів лінійного пророкування.

Голосні звуки відіграють важливу роль у мовленні. Вони мають найбільшу енергію, що відповідає кращому відношенню сигнал/шум. Голосні характеризуються розташуванням та енергією формант. У спектральній області форманти звичайно виглядають як локальні максимуми енергії. Типові значення частот перших трьох формант для голосних російської мови наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення формантних частот голосних звуків російської мови, Герц

звук	F_1	F_2	F_3
А	600	1200	2400
Э	450	1700	2500
О	450	800	2500
У	350	750	2200
Ы	300	1800	2450
И	300	2200	3000
Е	400	1850	2600
Я	450	1500	2450

При оцінюванні формант можливою комбінацією піків будемо вважати набір піків спектра із частотами, розташованих строго по зростанню, тобто $F_i < F_{i+1}$, і які лежать в інтервалах відповідної форманти. Крім того, частота першої форманти повинна бути строго

більше основного тону F_0 . Таким чином, обмежувальні умови можна записати так:

$$\begin{cases} F_1 \in [150, 900]; \\ F_2 \in [700, 2700]; \\ F_3 \in [1800, 4000]. \end{cases} \quad (2)$$

Тут частоти зазначені в герцах. Частотні інтервали обрані з урахуванням всіх можливих положень формант для чоловічого й жіночого голосів.

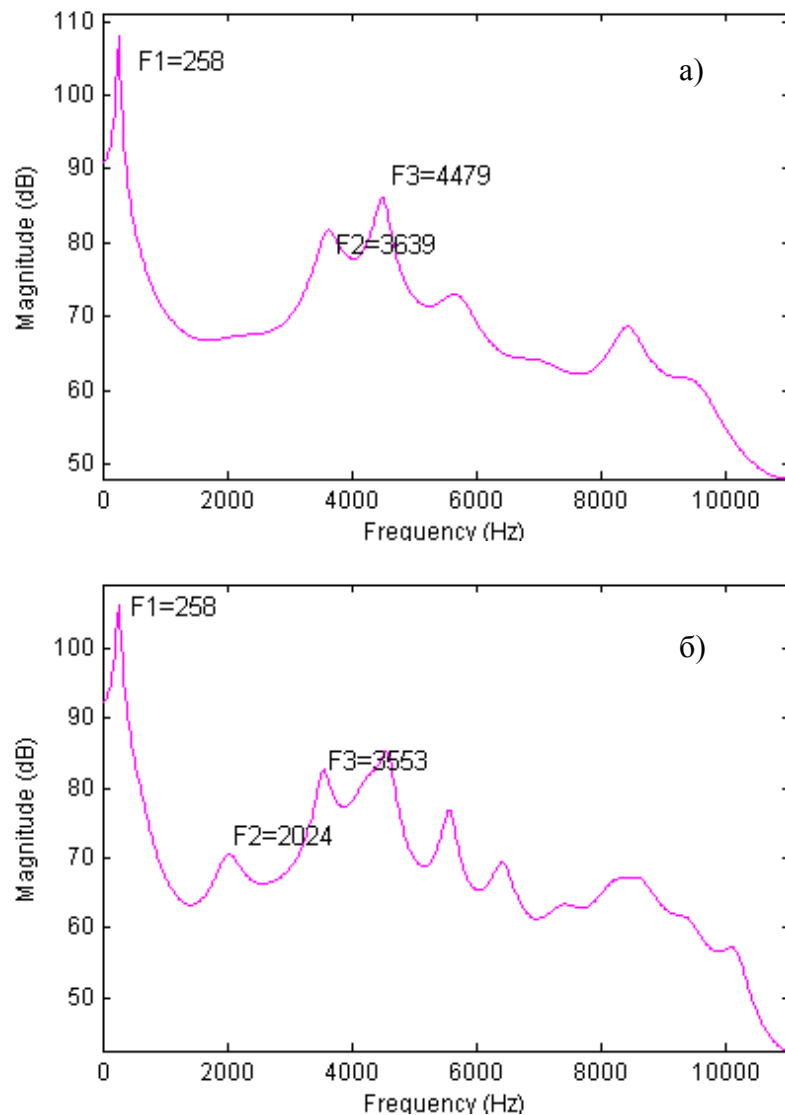


Рис. 1. Спектр сигналу звуку «І» на основі:
а) 18 коефіцієнтів; б) 28 коефіцієнтів.

Практична реалізація. Для оцінювання голосних була створена мовна база даних українських слів, які вимовлялись 10 дикторами. Запис виконувався з використанням мікрофона в тихій кімнаті.

Частота дискретизації - 22050 Гц, кількість біт на відлік - 16. Розмітка мовних сигналів була виконана вручну. З метою визначення коефіцієнтів лінійного пророкування подальша обробка часового сигналу проводилася на ділянках довжиною 10 мс з використанням вагової функції Хемінга. Порядок авторегресійної моделі впливає на точність оцінювання формант. Звичайно для мовних повідомлень використовується порядок авторегресійної моделі - 18 [4], але його збільшення до 28 необхідно для більш точного визначення другої і третьої формант. Спектри сигналів, отриманих по 18 і 28 коефіцієнтам лінійного пророкування, наведені на рис. 1. Якщо використовується тільки 18 коефіцієнтів, другу форманту на частоті $F_2=2024$ Герц неможливо визначити.

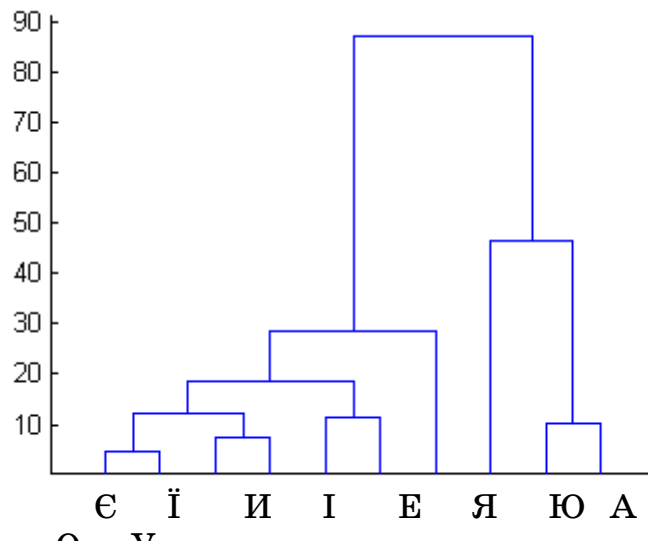
У кожній реалізації голосного звуку форманти можуть погано визначатися, або з'являться додаткові піки в спектрі. Причинами провалля піків можуть бути або втрати енергії в мовному тракті, або особливості амплітудно-частотної характеристики каналу мовного зв'язку, або високий рівень шумів. По цих же причинах можуть з'являтися й додаткові, "помилкові", піки. У даній роботі була почата спроба визначення «об'єктивно» існуючих класів у просторі формантних частот голосних звуків української мови. Із цією метою формантні частоти всіх ударних голосних були об'єднані. Потім за допомогою алгоритму К-середніх було проведено кластерний аналіз, тобто знайдені центри згущень у тривимірному розподілі. Кількість кластерів - це кількість голосних, що беруть участь у кластеризації. Результати оцінювання формант ударних голосних і ударних дифтонгів української мови наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Центри кластерів, отримані методом К-середніх

Звук	F_1	F_2	F_3
А	630	1233	2281
О	466	797	2169
У	286	711	2089
Е	517	1938	2246
Є	358	2013	2799
И	301	2304	2972
І	301	2138	3097
Ї	315	2161	2836
Ю	266	1637	2617
Я	463	1917	2491

Як видно з цієї таблиці, формантні частоти приблизно відповідають середньостатистичним значенням ударних голосних російської мови, зазначеним у таблиці 1. Можливо деяке підвищення значень частот, оскільки аналізувались в тому числі, і жіночі голоси. У жінок більш короткий мовний тракт, ніж у чоловіків. Для перевірки якості розбивки даних на кластери використовувався багатомірний дисперсійний аналіз ознак.



Процедуру дисперсійного аналізу можна застосовувати до рішень, отриманим будь-яким методом кластеризації, аби тільки він породжував розбивки. Результатом проведеного аналізу є кількість ознак, які є значимими. Дисперсійним аналізом було підтверджено, що саме три форманти дозволяють розбити спектри голосних звуків на відповідну кількість кластерів. Дендрограма зв'язків між центрами кластерів голосних звуків показана на рис.2. Центри кластерів звуків «О» і «У», «И» і «І», «Є» і «Ї» між собою розташовані досить близько. У результаті чого виникають помилки при розпізнаванні голосних звуків.

Висновки. Проведений кластерний аналіз дозволив визначити відповідність формантних частот голосних звуків української мови загальноприйнятим значенням. Знайдені центри кластерів можуть використовуватися для визначення, чи є даний мовний сегмент голосним звуком.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н.Сорокин, А.И. Цыплихин Сегментация и распознавание гласных // Информационные процессы, Том 4, № 2, 2004, стр. 202-220.
2. В.Н.Сорокин, А.И. Цыплихин Сегментация речи на кардинальные элементы // Информационные процессы, Том 6 , № 3, 2006, стр. 177-207.
3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов М.: «Мир», 1978, 848 с.
4. Loizou Ph. COLEA: A MATLAB software tool for speech analysis
<http://www.utdallas.edu/~loizou/speech/>

Получено 30.11.06

УДК 519.6:536.764

А.И. Ивон, Е.Н. Кузьменко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРОЦЕССОРА ОТ ПЕРЕГРЕВА

Введение. Современные процессоры при площади кристалла СБИС $\sim 80 \text{ мм}^2$ потребляют мощность составляющую десятки ватт [1]. Поэтому выход из строя куллера или работа процессора в пиковом режиме может вызвать значительный перегрев и, как следствие, выход из строя СБИС процессора [2]. Поэтому защита центрального процессора компьютера от перегрева является актуальной задачей современной вычислительной техники.

Как известно [1, 2], в штатном режиме работы температура процессора $\sim 30 - 40^\circ\text{C}$, а при температуре выше 180°C происходят необратимые изменения СБИС процессора. Согласно требованиям производителей процессоров аппаратные и программные средства защиты от перегрева должны быть задействованы, когда температура достигает $\sim 80 - 90^\circ\text{C}$. Эта температура близка к температуре резкого изменения сопротивления критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики ($\sim 70^\circ\text{C}$) [3]. Достоинством таких терморезисторов по сравнению с терморезисторами и термодиодами, используемыми в системах защиты процессора от перегрева, является сочетание свойств датчика температуры и термического реле с температурой переключения $\sim 70^\circ\text{C}$. Это позволяет упростить схемы защиты процессоров от перегрева, повысить эффективность и надежность такой защиты, сделать ее многоуровневой.

Постановка задачи. Цель настоящей работы рассмотреть возможности использования критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики в системах защиты процессора от перегрева.

Обоснование полученных результатов. Существующие в настоящее время разнообразные программные и аппаратные средства защиты процессора от перегрева обеспечивают такую защиту либо путем снижения мощности, выделяемой электрическим током в процессоре либо путем увеличения тепловой мощности рассеиваемой

процессором в окружающую среду. Это осуществляется различными способами: полным или периодическим отключением напряжения питания; переводом процессора в спящий режим работы (режим SLEEP); управлением скоростью вращения крыльчатки куллера; снижением тактовой частоты и напряжения питания процессора [4,5].

Критические терморезисторы на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики могут использоваться в системах защиты процессора от перегрева в качестве датчиков критической температуры, вырабатывающих сигналы для запуска стандартных программных и аппаратных средств защиты, установленных на компьютере. На их основе могут строиться также самостоятельные аппаратные средства защиты процессора от перегрева.

При работе процессора температура его ядра ограничена значениями 90 – 110 °С. При этих граничных температурах, температура процессора в области прижима к радиатору на 20 – 30 °С ниже, т.е. практически совпадает с температурой резкого изменения сопротивления стеклокерамики на основе диоксида ванадия (VO_2) [3]. Это позволяет без коррекции температуры, при которой должны быть задействованы средства защиты от перегрева, использовать терморезисторы на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики, как датчики аварийного перегрева процессора. В старых системах лучшим местом для установки датчика является обратная сторона процессора со стороны материнской платы, где датчик необходимо установить так, чтобы он плотно прилегал к процессору. В новых материнских платах можно использовать металлический лифт для установки и фиксации процессора, так как его конструкция позволяет поместить небольшой датчик в углубление посередине лифта, где будет обеспечен необходимый температурный режим и оперативное срабатывание датчика. Возможно также крепление критического терморезистора на радиаторе процессора.

Реализованную таким образом систему “критический терморезистор – процессор” можно использовать в аппаратных и программных средствах защиты процессора от перегрева. Рассмотрим некоторые варианты такого применения.

На рис. 1 приведена простая электрическая схема охлаждения процессора. В штатном режиме работы, когда температура процессора

не превышает 40 °С, критический терморезистор на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики имеет высокое сопротивление, которое ограничивает ток куллера, а, следовательно, скорость вращения его крыльчатки. При повышении температуры ядра процессора до ~ 80 – 90 °С критический терморезистор переключается в низкоомное состояние. Ток куллера и, следовательно, скорость вращения крыльчатки увеличиваются. Как следствие возрастает скорость воздушного потока, обдувающего процессор, что снижает его температуру.

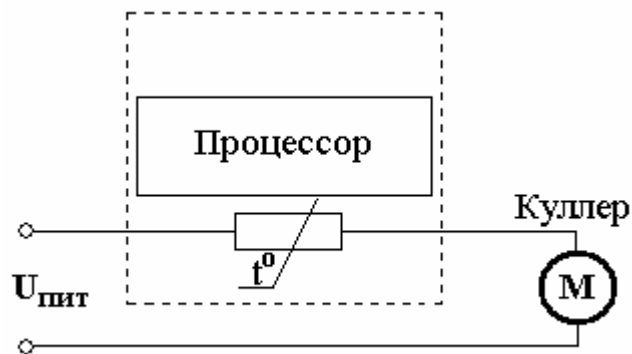


Рисунок 1 - Схема охлаждения процессора, использующая критический терморезистор на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики

Выбор необходимых параметров критического терморезистора осуществляется исходя из значений электрического тока куллера в штатном (I_0) и форсированном (I_c) режимах работы. Если обмотка куллера имеет сопротивление R_M и используется напряжение питания $U_{пит}$, для сопротивлений стеклокерамического терморезистора ниже R_{off} и выше R_{on} температуры фазового перехода в VO_2 $T_t \sim 70$ °С несложно получить следующие соотношения:

$$R_{off} = U_{пит}/I_0 - R_M, \quad (1)$$

$$R_{on} = U_{пит}/I_c - R_M. \quad (2)$$

Ток I_0 , протекающий в цепи (рис.1) в штатном режиме работы процессора вызывает дополнительный подогрев критического терморезистора. Поэтому температура терморезистора может отличаться от температуры корпуса процессора. Это влияет на граничное значение температуры на корпусе процессора T_{CPU} , при которой будет происходить переключение критического терморезистора. Температуру T_{CPU} можно найти, записав уравнение теплового баланса терморезистора с учетом, что его переключение происходит при температуре T_t :

$$T_{\text{CPU}} = T_t - I_0^2 R_{\text{off}} / k = T_t - U_{\text{пит}}^2 \cdot R_{\text{off}} / (k(R_{\text{off}} + R_M)^2), \quad (3)$$
где k – коэффициент теплового рассеивания терморезистора.

Из (3) вытекает, что форсированный режим охлаждения процессора включится при температуре его корпуса $T_{\text{CPU}} = T_t \sim 70^\circ\text{C}$, если выполняется условие $I_0^2 R_{\text{off}} / k < 1$. При условии $I_0^2 R_{\text{off}} / k > 1$ можно обеспечивать меньшую температуру включения форсированного режима охлаждения. Как следует из (3), этой температурой можно управлять подбором сопротивления критического терморезистора R_{off} и напряжения $U_{\text{пит}}$. Анализ показывает, что температуру включения форсированного режима охлаждения процессора T_{CPU} можно задать в интервале $T_t - U_{\text{пит}}^2 / (4R_M k) \leq T_{\text{CPU}} \leq T_t$, выбрав определенное значение отношения сопротивлений терморезистора и обмотки куллера R_{off} / R_M . Задав величину $T_{\text{CPU}} \sim 50 - 60^\circ\text{C}$ можно обеспечить первый уровень защиты процессора от перегрева.

Следующие уровни защиты могут обеспечить другие, установленные на корпусе процессора критические терморезисторы. Они должны переключаться в состояние низкого сопротивления при температурах $\sim 68 - 75^\circ\text{C}$. По сигналам от этих датчиков можно запустить предусмотренные в компьютере программные и аппаратные средства защиты процессора от перегрева.

При разработке конкретных схем защиты процессора от перегрева с помощью критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики следует учитывать конструктивные возможности материнских плат компьютеров и логику работы устройств. Для большинства современных материнских плат используются технологии APM и ACPI. Эти функции можно активировать в SETUP BIOS (раздел POWER MANAGEMENT) [6]. Они позволяют автоматически выключать компьютер или переводить его в спящий режим работы (режим SLEEP) по сигналу от программ или при нажатии соответствующей кнопки на корпусе системного блока. Сигналы, по которым будут выполняться указанные выше действия, могут быть сформированы электрическими цепями с критическими терморезисторами. Так, например, эти сигналы можно использовать для перевода процессора в режим SLEEP. В этом случае процессор переходит в режим малого потребления энергии, что устраняет его перегрев. Для использования

такого способа защиты процессора от перегрева потребуется продублировать соответствующие выводы разъема на системной плате процессора (обычно эти выводы обозначаются “SMI”, “PWR”) и подключить к ним цепь, показанную на рис. 2. Сопротивление критического терморезистора (R_{off}) в штатном режиме работы процессора ($T_{CPU} \sim 40^{\circ}\text{C}$) должно быть более 250 Ом, а величина скачка сопротивления $R_{off}/R_{on} \sim 100$.

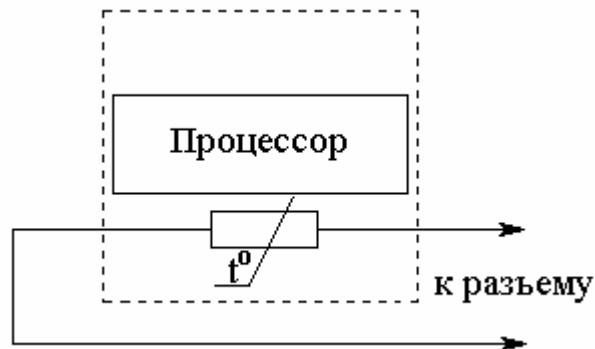


Рисунок 2 - Схема защиты процессора от перегрева для подключения к разъему материнской платы

Обычно в компьютере включением и выключением системы и режимами питания материнской платы совместно с BIOS (базовая система ввода-вывода) управляет микроконтроллер ввода-вывода. BIOS устанавливает уровни логических сигналов на соответствующих входах микроконтроллера ввода-вывода, после чего микросхема переводит питание материнской платы в соответствующий режим. Поэтому, управляя логическими сигналами на таких входах, можно переключать режимы питания материнской платы компьютера. Для этой цели можно использовать резистивный делитель напряжения с критическим терморезистором на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики, который будут формировать соответствующий уровень логического сигнала при перегреве процессора, вызывая отключение питания процессора. Такой способ защиты не позволяет сбережть данные при аварийном отключении системы, например, при выходе из строя куллера, но не задержит отключение напряжения питания, что может сбережть процессор от сильного перегрева, ведущего к выходу его из строя. Резистивные делители напряжения с критическим терморезистором могут быть использованы также для формирования логических уровней, по которым могут быть задействованы другие аппаратные и программные средства защиты

процессора от перегрева, установленные на компьютере. Схемы, обеспечивающих формирование сигналов низкого U^0 и высокого U^1 уровней, приведены на рис. 3.

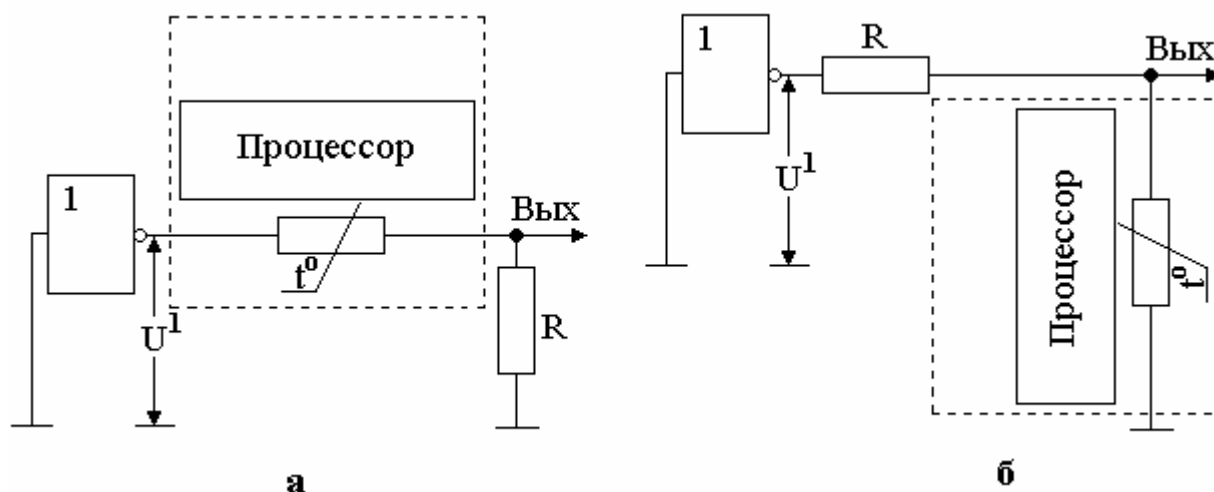


Рисунок 3 - Схемы формирования сигналов высокого U^1 (а) и низкого U^0 (б) уровней для систем защиты процессора от перегрева

Величина сопротивления R в этих схемах должна быть выбрана такой, чтобы при малом сопротивлении критического терморезистора R_{on} выход инвертора не перегружался, и напряжение логической единицы на нем U^1 было близко к максимально возможному значению (такое значение для КМОПТЛ совпадает с напряжением питания). При выбранной величине сопротивления R , параметры критического терморезистора в этих схемах определяются условиями: $R_{off} > 3R$, $R_{on} < 1/(3R)$. Выполнение этих условий обеспечивается, если скачек сопротивления критического терморезистора в области температуры фазового перехода полупроводник-металл в VO_2 составляет не менее одного порядка.

На рис. 4 показано использование резистивного делителя напряжения с критическим терморезистором для аппаратной защиты процессора от перегрева.

Обычно высокая внутренняя тактовая частота процессора формируется умножением опорной частоты f (временная диаграмма 1, рис. 4б) на некоторый коэффициент n . В штатном режиме работы процессора критический терморезистор, контактирующий с его корпусом, имеет высокое сопротивление R_{off} и с делителя на вход логического элемента “ИЛИ” поступает уровень логической единицы (временная диаграмма 3, рис. 4б). Этот сигнал блокирует передачу импульсов с частотой f на вход логического элемента “И”. На этот

вход с выхода элемента “ИЛИ” (временная диаграмма 4, рис. 4б) поступает логическая единица, которая разрешает передачу импульсов тактовой частоты nf (временная диаграмма 2, рис. 4б) в ядро процессора.

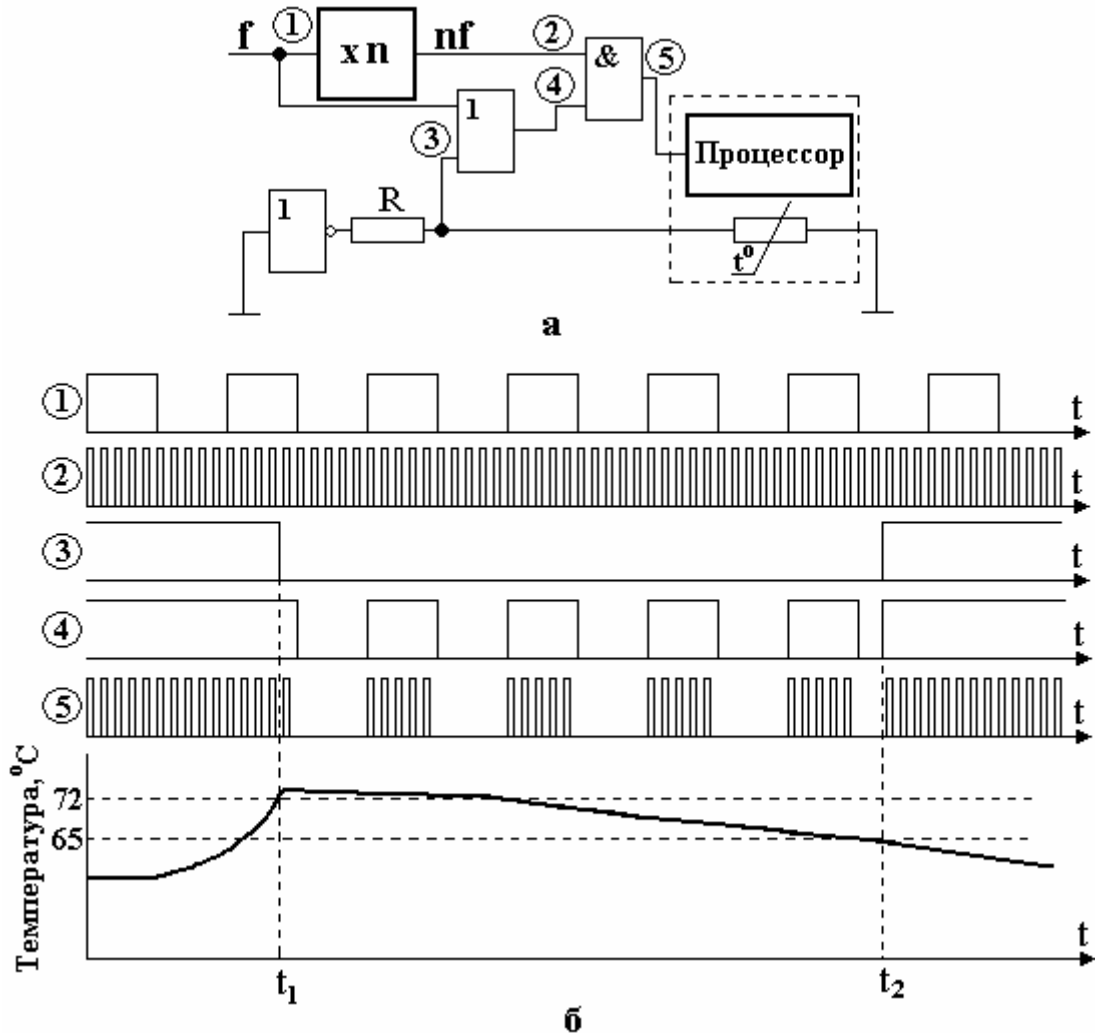


Рисунок 4 - Схема защиты процессора от перегрева (а) и временные диаграммы, иллюстрирующие ее работу (б)

При переходе процессора в форсированный режим работы, его температура, а, следовательно, и температура критического терморезистора увеличивается (см. рис 4б). Когда температура критического терморезистора достигает значения T_t (момент времени t_1) он переключится в состояние высокой проводимости. На входе элемента “ИЛИ” появляется уровень логического нуля, который разрешит подачу импульсов с частотой f на вход элемента “И”. Происходит модуляция тактовой частоты процессора nf импульсами опорной частоты f (временная диаграмма 5, рис. 4б). Как следствие в паузах между пакетами тактовых импульсов процессор остывает, что

устраняет его перегрев. Процессор продолжает выполнять участок программы, соответствующий форсированному режиму работы, но с меньшей производительностью. В результате температура процессора снижается. В момент времени t_2 , когда температура критического терморезистора достигнет температуры обратного фазового перехода в VO_2 , он вновь переключается в состояние высокого сопротивления. На выходе делителя появляется уровень логической единицы, который обеспечивает подачу в процессор не модулированной высокой частоты nf . В том случае, если в интервале времени $t_1 \leq t \leq t_2$ участок программы, вызывающий форсированный режим работы процессора, не завершен, будет обеспечивать периодическое переключение в режим модуляции тактовой частоты процессора, до тех пор, пока он не перейдет в штатный режим работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Гук. Аппаратные средства IBM PC, Санк-Петербург: “Питер”, 2006.–1072 с.
2. Как горят современные процессоры. Intel против AMD / <http://www.digital-daily.com/reviews/mainsystem/overheat/>
3. Ivon A.I., Kolbunov V.R., Chernenko I.M. Conductivity of VO_2 -based ceramics. // J. Mat. Sci: Materials in Electronics.-2006.- V. 17, №1. - P. 57 – 62.
4. Е. Рудометов, В. Рудометов. Программное охлаждение процессоров / <http://rudteam.narod.ru/cpu/cooler-soft/cooler-soft.html>
5. Обзор процессоров Intel Pentium 4 6XX и Intel Pentium 4 // <http://www.m-cory.ru/tech/info.php>
6. Е. Михлин. BIOS Setup. Настройка, оптимизация и разгон компьютера, Санк-Петербург: “Питер”, 2006 - 240 с.

Получено 24.10.2006 г.

УДК 620.179.14

В. С. Хандецкий, Є. В. Канаков, Т.В. Пастушкін

**РОЗПІЗНАВАННЯ ВИКРИВЛЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЕФЕКТІВ
ПРИ ЗМІНІ ЇХ ФОРМИ Й РОЗТАШУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ
НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Вступ. Задача розпізнавання зображень дефектів типа розшарувань в багатошаровому композиті в значній мірі ускладнюється внаслідок впливу шуму. В якості шумових факторів для різних методів дефектоскопії, наприклад ультразвукового, радіохвильового, вихорострумового, електроємнісного, виступають структурні неоднорідності композиту, складний мікрорельєф його поверхні, наявність дислокацій мікродефектів, зміна кута розташування дефекту відносно зовнішньої поверхні виробу, тощо. Крім того, практика показує, що дефекти, типу розшарувань мають різноманітну форму, вони можуть розташовуватись в різних місцях зони контролю датчика.

Для розпізнавання зашумлених зображень дефектів доцільно використовувати нейронні мережі [1 - 4].

Існує велика кількість нейронних мереж, тому вибір моделі та її архітектури є нетривіальною задачею, адже нема чітких критеріїв, що дозволяють дослідникові застосувати нейронні мережі без попереднього з'ясування, чи здатна вона взагалі розв'язати поставлену задачу. Тому вибір топології нейронної мережі її кількісних параметрів та навчальних послідовностей є здебільшого емпіричним.

Для вирішення поставленої задачі обрано мережу зворотного поширення помилки. Її архітектура була розроблена в 70 – х роках. Зараз парадигма Backpropagation є найбільш популярною й ефективною моделлю навчання для складних, багатошарових мереж.

Теорія навчання нейронних мереж розглядає три фундаментальні властивості, пов'язані з навчанням на прикладах: ємність, складність зразків і обчислювальна складність. Під ємністю розуміється, скільки зразків може запам'ятати мережа, і які функції і границі прийняття рішень можуть бути в ній сформовані. Складність зразків визначає число навчальних прикладів, необхідних для досягнення здатності

мережі до узагальнення. Занадто мале число прикладів може викликати «недонавченність» мережі, коли вона добре функціонує на прикладах навчальної вибірки, але погано - на тестових зразках, що підлягають тому ж статистичному розподілу.

Постановка задачі. Для дослідження топології та кількісних характеристик нейронних мереж, призначених для аналізу викривлених зображень дефектів, проведене моделювання в середовищі Matlab 7 з використанням вбудованої мови програмування. При моделюванні були прийняті наступні умови: розмір площини аналізованої ділянки по поверхні виробу складає 10 г 10 елементів. Зображення бездефектної ділянки має білий колір і відповідає першій градації. Максимальний сигнал, одержаний від дефекту, позначається чорним кольором і відповідає п'ятій градації. Для відображення проміжних інтенсивностей сигналів від дефектів використовуються друга, третя та четверта градації сірого кольору.

Для надання нейронній мережі можливості кластеризувати зображення, необхідно встановити деякі правила, за якими мережа відноситиме зображення до того, чи іншого класу:

1. центр кластера дефекту – точка з інтенсивністю сигналу від дефекту в 5 одиниць (чорний кольор на зображенні);
2. шари кластера дефекту – точки з інтенсивністю сигналу від дефекту в 5 одиниць (чорний кольор на зображенні);
3. шари дефекту – точки, віддалені від найближчої точки з інтенсивністю сигналу в 5 одиниць на певну відстань, що мають інтенсивність сигналу зворотно пропорційну цієї відстані.

Усі точки з інтенсивністю сигналу 5 будемо вважати дефектом. Розглянемо зображення дефекту, розмір якого не перевищує 3 г 3 клітини, що відображене матрицею (1).

Основна частина. Встановимо відповідність між зображеннями, які будемо подавати на вхідний шар нейронної мережі, та цільовими векторами.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

(1)

В зображенні уся ця матриця заповнена чорним кольором, навколо неї концентрично розташовані шари с інтенсивністю сірого 4, 3, 2, далі білий колір (перша градація). В зображенні, що

подається на вхід нейронної мережі може бути відсутнім, чи елемент з номером 1 в матриці (1), чи елемент з номером 2, чи – 3. Цільовий же вектор в будь-якому випадку відображує повну матрицю (1), тобто зображення має вигляд чорного квадрату (інтенсивність сигналу 5) оточеного білим кольором (інтенсивність сигналу 1).

Для моделювання виберемо нейронну мережу Елмана [2], що навчається за допомогою процедури зворотного розповсюдження. Ця мережа звичайно містить вхідний шар, один схований шар і вихідний шар. При цьому існує зворотний зв'язок, що йде з виходу схованого шару на його вхід. Цей рекурентний зв'язок дозволяє мережі визначати й генерувати дані, що змінюються в часі. Це найкраще підходить для рішення поставленої задачі. Мережа Елмана має кращі здатності до узагальнення, чим інші моделі мереж. У порівнянні з нею нейронна мережа без рекурентних зв'язків зі зворотним поширенням помилки має більш високу швидкість роботи й навчання, але здатності до узагальнення даних у такої мережі істотно нижче [5]. Враховуючи розмір нашої матриці (10×10 елементів) вхідний і вихідний шари нейронної мережі повинні містити по 100 елементів. Передатна функція схованого шару – логарифмічний сигмоїд, кількість нейронів у схованому шарі – 401[2].

Навчання мережі будемо здійснювати наступним чином. Спочатку мережу навчимо на визначеній множині «чистих» вхідних зображень. Після того, як мережа успішно закінчить навчання на чистих зображеннях, подамо на вхід мережі набір з попередніх зображень, але в суміші з шумом. Шум накладається наступним чином:

$$Y = P + \text{randn}(100, Q) \cdot 0,15 \cdot \lambda, \quad (2)$$

де P – вектор, що відповідає «чистому», неспотвореному зображенню, $\text{randn}(100, Q)$ – функція Matlab 7, що створює матрицю $100, Q$, елементи якої мають значення, розподілені за нормальним законом з середнім значенням 0, та стандартним відхиленням 1, значення множника $\lambda = 2$. Обчислювальний експеримент показав, що такий шум практично змінює колір клітин зображення P на ± 1 градацію сірого, кількість клітин, що змінює колір відповідає $\gamma = 7,9$ % шуму.

Методика підрахунку помилки в процесі навчання мережі наступна.

Значення середнього квадратичного відхилення σ обчислюється відповідно до формули:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{100} \left(\frac{Y_i - T_i}{4} \right)^2 \quad (3)$$

де Y_i - одержаний вихід мережі, T_i - бажаний вихід мережі, коефіцієнт 4 обрано рівним сумі кількості градацій зображення дефекту (градації: 2, 3, 4, 5). Відносну помилку обчислимо звичайним чином: $\gamma = \sigma / Y_{cp}$. Якщо усі клітини матриці заповнені чорним кольором, то $Y_{cp}^{\max} = 5$, якщо білим, то $Y_{cp}^{\min} = 1$. Прийmemo $Y_{cp} = 2,5$; оскільки $\sigma_{\max} = 10$, то $\gamma_{\max} = \sigma_{\max} / Y_{cp} = 4$.

При цьому

$$\gamma, \% = k \cdot \gamma \cdot 100\%,$$

де $k = 0,25$. Тоді $\gamma_{\max} = 4$ відповідає 100 % помилці. В табл. 1 представлені значення помилки $\gamma, \%$ в залежності від величини відхилення $Y_i - T_i$ в одній з 100 комірок матриці.

Таблиця 1

Значення помилки нейронної мережі

$Y_i - T_i$	1	2	3	4
σ^2	0,0625	0,25	0,5625	1
$\gamma, \%$	2,5	5	7,5	10

Останній набір зображень, що використовується при навчанні, містить значно спотворені шумом зображення. Це досягається збільшенням множника 0,15 в (2) до 0,30. Обчислювальний експеримент показав, що у більшості випадків колір клітин зображення P як і раніше змінюється на ± 1 градацію, але вже зустрічаються зміни й на ± 2 градації. При цьому рівень шуму складає $\gamma = 17,3$. Для множників в (2), що дорівнюють 0,1 і 0,2 значення шуму відповідно складають $\gamma = 4,3 \%$ та $\gamma = 12,5 \%$.

Перший набір для навчання нейронної мережі оберемо таким, що складається з множини вхідних векторів, які містять зображення 1 типу (повна матриця (1)), причому координати центру цього кластеру будемо розташовувати в усіх клітинах матриці. Таким чином перший вхідний набір буде містити 100 зразків для навчання. Прийmemo, що мережа повинна завершити навчання по досягненню квадратичної помилки $\sigma^2 = 0,16$, що відповідає $\gamma = 1\%$. На навчання без шуму

витрачено 338.67 сек. При моделюванні використовувався комп’ютер AMD Athlon(tm)XP1800 + (1,53ГГц), 256 MB DDR.

На другому етапі на вхід попередньо навченої мережі подано 100 «чистих» зразків типу 1, до яких додали 100 таких же зразків, спотворених шумом з множником 0,15 (2), до яких додали ще 100 зразків, спотворених шумом з множником 0,3. Таким чином за одну епоху обробляється вже 300 зразків. Прийmemo, що мережа повинна закінчити навчання по досягненню квадратичної помилки $\sigma^2 = 1$, що відповідає $\gamma = 2,5\%$ (у відповідності з табл. 1 це відповідає відхиленню вихідного зображення від зразкового в одній клітці з 100 на одну градацію кольору).

На навчання з шумом витрачене лише 21.63 сек. Як видно, вже попередньо навчена на «чистих» зразках мережа навчилась обробляти спотворені зображення усього за 15 епох.

На заключному етапі проведемо навчання мережі ще на 100 «чистих» зразках, щоб перевірити, чи не втратила мережа спроможність обробляти «чисті» зображення (явище «перенавчання»). Прийmemo, як і у першому випадку, що $\sigma^2 = 0,16$.

На навчання без шуму витрачено 0,36 сек. На цьому процес навчання закінчимо.

Проведемо тестування мережі послідовно подавши на її вхід набори:

100 «чистих» зображень – P;

100 зображень, спотворених шумом з множником 0,1 – P1;

100 зображень, спотворених шумом з множником 0,2 – P2;

100 зображень, спотворених шумом з множником 0,3 – P3.

Для того, щоб уникнути випадкових значень, здійснимо тестування мережі наборами [P, P1, P2, P3] сто разів, при цьому одержимо середні значення помилок і максимальні значення для 100 тестувань.

Одержані результати. Результати тестування наведені в табл. 2. Результати роботи мережі по розпізнаванню зображень ефектів 1 типу.

Набір 2 типу для навчання нейронної мережі оберемо таким, що відповідає матриці (1), в якій є відсутнім чи елемент с номером 1, чи елемент з номером 2, чи елемент з номером 3. Цільовий вектор завжди відповідає повній матриці (1). Координати центрів

відповідних кластерів будемо поміщати у кожну клітину матриці. Якщо в описаний набір включити також зображення 1 типу, то загальний набір 2 типу буде містити 400 зразків для навчання. Процес навчання протікав наступним чином.

Таблиця 2

Рівень шуму, %	Середня помилка, %		Максимальна помилка, %	
	Мінімальна	Максимальна	Мінімальна	Максимальна
4,3 (P1)	0	0,4	0	4,1
12,5 (P2)	0	1,4	1,5	8,2
17,3 (P3)	0	3,1%	3,8	16,0

1. На вхід ненавченої мережі подано 400 «чистих» зразків. Мережа завершає навчання при досягненні $\sigma^2 = 0,16$. На навчання витрачене 1031 сек.

2. На вхід попередньо навченої мережі подано 400 «чистих» зразків; до яких додали 400 таких же зразків, спотворених шумом з множником 0,15; до яких додали 400 таких же зразків, спотворених шумом з множником 0,3 (таким чином за одну епоху обробляється вже 1200 зразків). Мережа повинна завершити навчання при досягненні $\sigma^2 = 1$. На навчання витрачено 103,61 сек.

3. Повторимо навчання мережі на 400 «чистих» зразках, щоб перевірити, чи не втратила мережі спроможність обробляти «чисті» зображення (явище перенавчення), $\sigma^2 = 0,16$. На навчання витрачено 0,77 сек.

Результати тестування наведені в табл. 3.

Результати роботи мережі по розпізнаванню зображень дефектів 2 типу

Таблиця 3

Рівень шуму, %	Середня помилка, %		Максимальна помилка, %	
	Мінімальна	Максимальна	Мінімальна	Максимальна
4,3 (P1)	0	0,2	0	4,9
12,5 (P2)	0	0,9	0,1	10,6
17,3 (P3)	0	2,2	0,2	19,0

Результати, наведені в табл. 2,3 показують на задовільну роботу мережі, особливо враховуючи те, що при попаданні центру кластеру в межеві клітини, розташовані по периметру матриці, зображення є неповним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калан Р. Основные концепции нейронных сетей. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001- 326 с
2. Хандецкий В. С., Кучеренко О. Е. Імовірнісні характеристики нейромережної ідентифікації зображень дефектів з використанням нечіткої логіки. – Системні технології, 6(41), 2005, с. 54-64.
3. Хандецкий В. С., Антонюк И. Н. Исследование искусственных нейронных сетей для идентификации модуляционных импульсов дефектов. – Дефектоскопия, № 4, 2001, с. 45 – 54.
4. Khandetsky V., Antonyok I. Signal processing in defect detection using back – propagation neural networks. – NDT8E International, 35, 2002, pp. 483 – 488.
5. Elman I. L. Finding structure in time. – Cognitive Science, vol. 14, 1990, pp. 179- 211.

Получено 08.11.2006 г.

УДК 621.391

О.О.Дробахин, А.В.Доронин, В.Г.Короткая

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННО-СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦИФРОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Введение. Задача оценивания параметров модели

$$R(t_n) = R_n = \sum_{m=1}^M r_m \cos(\omega_m t_n + \psi_m) \quad (1)$$

а именно, амплитуд r_m , частот $\omega_m = 2\pi f_m$ и начальных фаз ψ_m по данным измерений некоторой зависимости $R(t_n)$, заданных на дискретной сетке времен $t_n = t_0 + n\Delta t$ ($n = 0, 1, 2, \dots, N-1$) в эквидистантных отсчетах, является актуальной для многих приложений [1]. При использовании $\Delta t = 1$ в выражении (1) рассматривают нормированные частоты. Знание параметров модели типа (1) позволяет определять собственные частоты объектов, выделять отражения в радиотрактах [2]. Задача приобретает особую сложность, когда частоты ω_1 и ω_2 мало отличаются друг от друга, а в исходных данных присутствуют искажающие шумы. Нейронные сети являются мощным средством решения широкого круга задач [3], поэтому представляет интерес исследовать возможности оценивания значений близких частот с использованием нейронных сетей. Если сеть была обучена для получения искомых параметров типа частот, амплитуд и начальных фаз по значениям отсчетов $R(t_n)$, применение искусственной нейронной сети позволяет избежать непосредственного построения точного обратного оператора, связывающего отсчеты $R(t_n)$ и искомые параметры.

Анализ публикаций. Среди классических методов оценивания спектральных параметров наилучшие оценки по точности обеспечивает алгоритм минимизации соответствующей целевой функции [4], т.е. метод квазирешений. Большое распространение получили методы на основе обобщенного пучка матриц [5]. Возможно также использование дробно-рациональной аппроксимации (интерполяции) в фурье-сопряженной области [6]. В работе проведен анализ разрешающей способности для одного из алгоритмов

последнего класса. Наиболее многосторонне процесс построения искусственных нейронных сетей представлен в [3].

Постановка задачи. Решение о применении любого из рассмотренных методов должно базироваться на сравнительном анализе затрат времени на проведение вычислений, точности оценивания, разрешающей способности. Под разрешающей способностью метода спектрального анализа будем понимать минимальное расстояние между частотами, при котором их значения могут быть оценены с заданной точностью. Для проведения указанного сравнения, по аналогии с [6], была рассмотрена модель в виде суммы двух косинусоид. Одна из компонент имеет нормированную частоту f_1 , а вторая частота принимает значение $f_2 = f_1 + \Delta f$. При этом амплитуды и начальные фазы предполагались фиксированными. Целью данной работы является исследование возможностей применения нейронных сетей различной структуры для решения задач оценивания частот компонент при наличии шума. При этом тренировка нейронной сети производится на основе отсчетов идеальной функции без шума.

Описание алгоритма. Любое создание нейронной сети включает синтез сети, обучение и применение к оценке параметров. Имитируемые или измеренные данные для обучения позволяют адаптировать параметры сети для любой модели. Известно [3], что однослойная сеть имеет серьезные ограничения: классы задач, которые могут быть решены, очень ограничены. Достаточной гибкостью обладает сеть с прямыми связями, состоящая из слоев входных и выходных нейронов и промежуточного слоя нейронов (скрытых нейронов). При этом предполагается, что в пределах слоя между нейронами не существует связей. Установлено [3], что даже один слой скрытых нейронов позволяет аппроксимировать функцию с большим числом разрывов с произвольной точностью при условии использования нелинейной функцией активации для нейронов в скрытом (промежуточном) слое. Число нейронов во входном слое совпадает с числом N , т.е. числом отсчетов сигнала, предъявленного для обучения или определения значений интересующих параметров. Число нейронов в выходном слое совпадает с числом параметров, подлежащих оценке. Функцией активации для входного слоя является сигмоидальная функция (s-функция), функция активации

выходного слоя - линейная. Численный эксперимент по применению линейной функции для входного слоя показал, что такая структура сети приводит к заикливанию процесса тренировки и, следовательно, невозможности достичь необходимой точности.

Исходя из того, что связь между $R(t_n)$ и значениями частот носит ярко выраженный нелинейный характер, в качестве функции активации нейронов промежуточного слоя была выбрана s-функция вида

$$y_k = F(s_k) = \frac{1}{1 + e^{-s_k}} \quad (2)$$

В качестве алгоритма обучения был выбран алгоритм Левенберга-Марквардта, так как он обеспечивает наиболее оптимальные результаты по тренировке нейронной сети среди алгоритмов квазиньютоновского типа, а именно соотношение точности и времени обучения нейронной сети. При этом он требует значительных ресурсов оперативной памяти. Под точностью сети понимают невязку между предъявленными для обучения данными и выходом натренированной сети в среднеквадратичной метрике.

Результаты численного эксперимента и выводы. На первом этапе было проведено исследование влияния числа нейронов в скрытом слое на точность оценивания, скорость обучения. Для этой цели была синтезирована сеть с прямой связью с тремя слоями нейронов. Первый слой имел 25 нейронов, что совпадало с числом выборок входного сигнала. Число нейронов во втором (скрытом) слое изменялось в диапазоне от 5 до 53. При числе нейронов в скрытом слое менее 5 необходимые точности оценок не достигались, а во многих случаях происходило зависание процесса тренировки сети. Выходной слой имел 2 нейрона.

Таблица 1

№	Модель сети	Точность тренировки	Время тренировки, мин	Количество эпох	Максимальная погрешность при S/N 40дБ	Максимальная погрешность при S/N 25дБ	Максимальная погрешность при S/N 10дБ
1	25:5:2	10^{-4}	5	94	0,0162	0,0763	0,1457
2	25:5:2	10^{-5}	32	620	0,0409	0,2067	0,3729
3	25:5:2	10^{-5}	11	213	0,0255	0,13041	0,2750
4	25:5:2	10^{-5}	1	12	0,0179	0,0904	0,1840
5	25:5:2	10^{-5}	19	501	0,0338	0,1693	0,3215
6	25:5:2	10^{-5}	11	221	0,0351	0,1433	0,3043

7	25:5:2	10^{-5}	6	105	0,0274	0,1406	0,2394
8	25:5:2	10^{-6}	1	24	0,0175	0,0827	0,1786
9	25:6:2	10^{-4}	2,5	32	0,0212	0,1040	0,2151
10	25:6:2	10^{-5}	3	55	0,0256	0,1183	0,2246
11	25:6:2	10^{-6}	2	20	0,0199	0,1081	0,2163
12	25:12:2	10^{-4}	1	6	0,0383	0,1712	0,3374
13	25:12:2	10^{-5}	1	11	0,0221	0,1086	0,2144
14	25:12:2	10^{-6}	1	12	0,0213	0,1124	0,2266
15	25:25:2	10^{-4}	1	7	0,0384	0,1792	0,3780
16	25:25:2	10^{-5}	1,5	9	0,0434	0,1997	0,4192
17	25:25:2	10^{-6}	3	11	0,0252	0,1090	0,2219
18	25:50:2	10^{-4}	2	7	0,0714	0,3433	0,6672
19	25:50:2	10^{-5}	3	9	0,0560	0,2432	0,5138
20	25:50:2	10^{-6}	6	16	0,0495	0,2668	0,5068
21	25:51:2	10^{-4}	2,5	6	0,0583	0,2744	0,5183
22	25:51:2	10^{-5}	3	8	0,0583	0,2730	0,6236
23	25:51:2	10^{-6}	5	12	0,0541	0,2808	0,5865
24	25:52:2	10^{-4}	4	6	0,0505	0,2870	0,5651
25	25:52:2	10^{-5}	4	10	0,0821	0,3797	0,7522
26	25:52:2	10^{-6}	5	12	0,0661	0,3156	0,6165
27	25:53:2	10^{-4}	3	7	0,0622	0,3269	0,6395
28	25:53:2	10^{-5}	4	9	0,0703	0,3197	0,6305
29	25:53:2	10^{-6}	4	10	0,0524	0,2790	0,5452
30	25:53:2	10^{-6}	5	11	0,0558	0,2678	0,5061
31	25:53:2	10^{-6}	6	14	0,0610	0,2940	0,5853
32	25:53:2	10^{-6}	6	14	0,0583	0,2989	0,6019

Нормированные частоты лежали в пределах: первая – 0,2543–0,2548; вторая– 0,255–0,4125, при этом интервалы обучения были разбиты 25 отсчетами на 24 подинтервала. Значения начальных фаз равнялись нулю, а амплитуды были равны 1.

Информация о времени обучения, количестве эпох, необходимых для достижения точности совпадения модели и заданных данных в квадратичной метрике, и максимальная в пределах интервала обучения погрешность оценивания частот для различных структур сетей представлена в таблице 1. При повторном запуске режима тренировки сети были получены различные результаты, однако тенденции сохранялись (результаты экспериментов 2-7, 29-32). Возможным объяснением этого факта служит то, что поиск оптимальных значений весов происходит каждый раз по независимым путям, и формируются различные значения весов, которые в конечном итоге обеспечивают решение задачи. Несовпадение результатов времени тренировки в большей степени наблюдалось для структур с малым числом нейронов в скрытом слое. Важно отметить, что при тренировке нейронных сетей с малым числом нейронов в скрытом слое процесс в ряде случаев носил

лавинный характер, т.е. тренировка завершалась в течение одной минуты, при этом результаты работы такой сети были наилучшими (Таблица 1, №2-7). Вероятно, наличие некоторых расхождений в значениях весов для большого числа нейронов скрытого слоя не сказывается заметным образом на конечный результат, в то время как при малом числе нейронов изменения значений весов носит принципиальный характер. Выбор числа нейронов скрытого слоя из диапазона 49-54 был обусловлен необходимостью проверки рекомендаций, изложенных в работе [7] для сетей элмановского типа. Параметр точность сети изменялся и принимал значения $10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$. Целью такого исследования была проверка зависимости скорости тренировки сети от точности и ее влияние на регуляризующие свойства алгоритма. Результаты экспериментов показали, что во многих случаях точность в этих пределах не является решающим фактором.

Оценивание значений нормированных частот $f_{1,2}$ проводилось для 100 испытаний тестового примера для модели (1) с параметрами f_1 из диапазона 0,2543–0,2548 и $f_2 = f_1 + \Delta f$ из интервала 0,255–0,4125, $r_1 = r_2 = 1$, $N = 25$, при добавлении аддитивного гауссовского шума. Шум имел среднее квадратичное отклонение 0,01, 0,05, 0,1, что для частот, принадлежащих краям диапазона, соответствует отношениям сигнал/шум 40, 25, 10 дБ, и нулевое среднее. По результатам оценивания вычислялась полная среднеквадратичная

ошибка оценок частот $e = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{m=1}^2 \left(\sigma_m^2 + |f_m - \hat{f}_m|^2 \right)} / \Delta$, где σ_m^2 – дисперсия

оценок $\hat{f}_m$ частоты f_m , шаг дискретизации $\Delta = 1/N$ в частотной области соответствует шагу между соседними отсчетами дискретного преобразования Фурье модели (1) при условии, что шаг дискретизации во временной области равен 1.

Сеть обеспечила удовлетворительную точность оценок не только в точках обучения, но и в промежуточных точках, то есть она обладает возможностями интерполяции. При этом наблюдалась возможность незначительной экстраполяции оценок за пределы диапазона частот обучения. Такое поведение наблюдалось для всех структур сети за исключением сети с четырьмя и менее нейронами в скрытом слое, где точность оценок была неудовлетворительной. Умножение входного

сигнала на коэффициенты 0,5, 2, 10 не приводили к сколько-нибудь существенным изменениям работоспособности сети, однако большие множители, например, 100, приводили к катастрофическому ухудшению работы сети.

Изменение амплитуды одной из компонент сигнала, предъявляемого для обработки на 5-10 %, приводили к существенному ухудшению оценки частоты этой компоненты, при этом точность оценки компоненты с неизменной амплитудой оставалось на прежнем уровне. Аналогичные исследования были проведены для изменения начальной фазы одной из компонент (в частности, на 6°), при этом были получены результаты полностью соответствующие результатам для изменения амплитуды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
2. Vanhamme H. High-resolution frequency-domain reflectometry by estimation of modulated superimposed complex sinusoids // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 1992. – V. 41, N 12. – PP. 762-767.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Андреев М.В., Борулько В.Ф., Дробахин О.О. Разрешающая способность спектрального анализа методом максимального правдоподобия // Изв.вузов. Радиоэлектроника, 1998, № 2. – с. 3-11.
5. Hua Y., Sarkar T.K. Generalized Pencil-of-Function Method for Extracting Poles of an EM System from Its Transient Response // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 1989. – V. 37, N 2. – PP. 229-233.
6. Андреев М.В., Борулько В.Ф., Дробахин О.О., Короткая В.Г., Салтыков Д.Ю. О разрешающей способности метода спектрального анализа на основе дробно-рациональной интерполяции // Системные технологии. – Выпуск 6(41). – Днепропетровск: 2005. – с. 21-26.
7. Хандецкий В.С., Кучеренко О.Є. Імовірнісні характеристики нейромережної ідентифікації зображень дефектів з використанням нечіткої логіки // Системные технологии. – Выпуск 6(41). – Днепропетровск: 2005. – с. 54-64.

Получено 23.11.06

ФОРМАЛІЗАЦІЯ КЛІНІЧНОГО ДІАГНОЗУ І МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОННОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДІАГНОЗІВ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

Аналіз останніх публікацій та постановка проблеми.

Проблема будування єдиної медичної термінології була і лишається однією з ключових у медичної інформатики[1] [2]. Так, в [3][4], відзначається, що медичні дані, що зберігаються у комп'ютерних історіях хвороб, гостро вимагають більшої структурованості та можливості керування для задач вводу даних, їх обробки та відображення. З іншого боку, слід відзначити, зростання складності класифікаторів, що перетворюються в термінологічні бази знань (онтології) [2]. Так, у [5][6][2] практично доведена неможливість застосування нумеративної схеми або підходу у якості основи побудови класифікацій медичної термінології, такої, як процедури, діагнози на звісному рівні деталізації, що дозволяє відображати реальність лікувально-діагностичного процесу (clinically sensible and non-ambiguous за [7]).

Формалізація термінологічної системи тісно пов'язана з її мета-моделлю та є важливим кроком у розумінні системи і, як слід, потенціалу її використання[4]. В роботі [8] розглядається можливість використання апарату логіки предикатів та концептуальних графів[9] щодо формалізації термінологічних систем. Як результат формалізм концептуальних графів став фундаментом Snomed International.

Сучасні термінологічні системи базуються на формалізмі дескрипційної логіки, що є основою семантичної складової класифікації і впливає на дескриптивну(введення, завдання концептів) та функціональну(пошук, процес виводу) складові мови керування класифікацією, наприклад мова GRAIL класифікації GALEN [10].

В роботі [11] розглядається спроба формалізації п'яти найвідоміших термінологічних систем: МКХ[12][13]; NHS СТ(Код Ріда)[14][15]; SNOMED [16][6]; UMLS [17]; GALEN [18] [19]. Методика формалізації базується на використанні апарату Entity

Relationship Diagrams (ERD), як інструменту, що дозволяє наглядно відобразити концепти та їх стосунки, і логіки предикатів першого порядку, у ролі універсального, строгого математичного апарату, що доповнює діаграми з боку ясного відображення комплексних обмежень та уникнення багатозначності та інконсистентності.

Базуючись на критеріях щодо оцінки термінологічних систем, що надані в [20][21][22][2], можуть бути сформульовані загальні положення щодо ідеальної медичної термінологічної системи для МІС:

1. Термінологія має бути концептно-орієнтованою. Необхідне чітке відділення концептів від термінів
2. Формалізація означення концептів.
3. Термінологічна система має бути здібною відображати клінічні процеси (зміст та покриття термінології)
4. Кожен концепт має бути визначеним у системі тільки один раз і мати ясне, чітке означення
5. Відображення до існуючих адміністративних систем звітності (МКХ-10 та інші)
6. Композиційна модель
7. Підтримка синонімів
8. Існування атрибутів та надання механізмів підтримки модифікації або вдосконалення основного терміну.
9. Існування механізму ієрархій та спадкоємство, при цьому слід прийняти до уваги, що термін може мати декілька родителів.
10. Користування вільними від смислу ідентифікаторів
11. Унікальні ідентифікатори (код не може бути застосованим, якщо він є архаїчним).
12. Існування означень-пояснень концептів
13. Лінгвістична незалежність
14. Існування механізмів формування синтаксично коректних конструкцій на засадах заданих кодів.

Спроби формалізації напису діагнозу у вигляді формули були зроблені М.М. Амосовим та співробітниками у 1969 році[23], які взяли за основу родо-видові зв'язки, кодуючи діагноз, як сукупність літер та чисел, де класи мають код з літер, групи діагнозів та самі діагнози - числовий.

У роботі [24] надана модель уніфікованої клініко-статистичної класифікації діагнозів (далі УКСКХ), що була розроблена на базі проблемної лабораторії „нові інформаційні технології в медицині” ДДМА Дніпропетровська. В [25] розглядалася об’єктна модель фреймової класифікації діагнозів, створеної на базі УКСКХ.

Постановка проблеми

На поточному стані, в Україні питання використання тієї чи іншої термінологічної системи лишається невирішеним. З одного боку, слід відзначити важкість впровадження іноземних термінологічних систем до вітчизняних установ, що потребує значних коштів та зусиль. З другого, існування ряду проблем пов’язаних з їх структурою та змістом[26]. Можливий шлях щодо вирішення цієї проблеми складається у розробці та впровадженні національного стандарту з приводу термінологічної системи, подібно до [27], враховуючи світовий опит і приймаючи до уваги подальший неминучий перехід до однієї з стандартних термінологічних систем. При цьому доцільно проведення цього процесу поетапно, і найбільш пріоритетною для впровадження, може вважатися термінологія щодо деталізованого опису діагнозів та процедур, як центральних елементів оцінки лікувально-діагностичної практики. Першим кроком стосовно розробки такої системи стає питання надання її формальної моделі.

Мета роботи

Метою даної роботи є спроба сформулювати вимоги та надати формалізовану модель електронної класифікації хвороб щодо використання в МІС України, враховуючи опит розробки та впровадження УКСКХ. Особлива увага зосереджена на шляхах взаємодії з передовими термінологічними системами.

Результатом модулювання слід вважати концептуальну модель класифікації з визначенням можливих стосунків(та їх характеру) з вже існуючими термінологічними системами.

Основна частина

Структура класифікації диктується здібністю забезпечити вимоги користувачів та її використання. З цього приводу можна визначити дві складових: семантичну і синтаксичну.

Сформулюємо основні правила щодо семантичної складової з наданням формального опису, використовуючи логіку предикатів першого порядку.

1. Існує множина концептів діагнозів, які є основою реальних формулювань, що використовуються у клінічній практиці. І кожен реальний діагноз (точніше, його репрезентація) може бути узагальненим до одного з концептів діагнозів.

Так, у номенклатурі SNOMED у якості основи для завдання клінічних діагнозів використовується вісь D(diagnosis), що має пряме відображення до класифікації ICD-9-CM. У класифікації NHS CT у якості термінологічної вісі діагнозів виступає класифікація МКХ-10, що є адміністративною термінологічною системою, тобто за якою проходить вся звітність ВОЗ (всесвітня організація здоров'я).

2. Існує множина-решітка додаткових характеристик-концептів що можуть поширювати, вдосконалити смисл концептів діагнозів. Композиції з концептів-діагнозів і концептів-характеристик можуть складати реальні клінічні описання хвороб. Подібна ситуація має місце у SNOMED RT, SNOMED CT, NHS CT, GALEN.

Так, можна записати, що існує термінологія, яка є об'єднанням множин C і D, а точніше є супремумом для решіток C і D.

$$T = C \cup D = \bigcup_{i=N} C_i \cup D \quad (1)$$

T – загальна множина концептів, C – множина концептів-характеристик розташованих по термінологічним категоріям, D – множина діагнозів.

3. Існує множина лінгвістичних термінів, що є пов'язаною з множиною концептів-характеристик та концептів-діагнозів, при цьому один з цих термінів є пріоритетним до використання. Пріоритетний термін використовується в NHS CT.

$$\forall_{c \in T} \exists!_{t \in L} \exists_{t_1 t_2 \dots t_s \in L} . hasTerm(c, t, t_1 t_2 \dots t_s) \quad (2)$$

інакше цю пропозицію можна описати

$$\forall_{c \in T} \exists!_{t \in L} \exists_{t_c \in L} . hasPreferredTerm(c, t) \wedge t \neq t_c \wedge hasSynonym(c, t_c) \wedge |t_c| \geq 0 \quad (3)$$

де t – пріоритетний термін, t₁t₂...t_s – терміни-синоніми що складають підмножину t_c, L – множина лінгвістичних термінів, що залежить від мови.

Тут необхідно підкреслити різницю між семантичної та синтаксичної складовими системи. Так, ім'ям концептів є

числа(ідентифікатори), при цьому вказується їх взаємовідношення. Терміни є характеристиками концептів.

4. Кожен концепт, в ідеалі, повинен мати одне ясне означення. Така можливість є в UMLS, GALEN, але відсутня у SNOMED.

$$\forall_{c \in C} \exists!_{descr \in L} .hasDescription(c, descr) \quad (4)$$

5. Концепти можуть бути визначеними за допомогою інших концептів і логічних операцій-зв'язок, або бути нащадками інших (generic relations). Такий механізм широко застосовується у UMLS, GALEN, NHS CT, SNOMED. У SNOMED застосовуються зв'язки І та АБО, символ “=” інтерпретується як відношення “is-a”. Так загальна формула може бути визначена як:

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in T \setminus C} .c = r(c, c_1 c_2 \dots c_m) \quad C_i \subset T \quad (5)$$

Стосовно означень одного концепту через інші

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in T \setminus C} .c =_{Def} (c_i c_j c_k) \vee \dots \vee (c_{m-1} c_m) \quad (7)$$

З боку відношень „підклас-суперклас”(generic relations) має місце наступне відношення

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_i \setminus C} .c \sqsubseteq c_i \sqsubseteq c_j \sqsubseteq c_k \sqsubseteq \dots \sqsubseteq c_{m-1} \sqsubseteq c_m \sqsubseteq \sqcup C_i \quad C_i \subset T \quad (8)$$

6. Концепти-діагнози та концепти-характеристики можуть мати атрибути, що визначають їх зв'язок з іншими концептами. Так, можна казати, що деякий атрибут v концепту c , має область значень $C_v = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_m\}$.

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_v} .cv = c \oplus cc_1 \oplus cc_2 \oplus \dots \oplus cc_m, \quad C_i \subset T \setminus C_v, C_v \subset T \setminus C_i \quad (9)$$

v - атрибут, V - множина типів атрибутів. Оператор нерівнозначності ($\oplus$) використовується для відображення свойства атрибута приймати лише одне значення із відповідної області значень.

Далі, атрибути можуть бути обов'язковими або необов'язковими (виконується в GALEN, частково в NHS CT, але не в SNOMED). Так, у разі необов'язкового атрибута маємо

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_v} .cv = c [1 \vee (c_1 \oplus c_2 \oplus \dots \oplus c_m)], \quad C_i \subset T \setminus C_v, C_v \subset T \setminus C_i \quad (9)$$

У разі обов'язкового v маємо

$$\exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_v} .cv = c (c_1 \oplus c_2 \oplus \dots \oplus c_m), \quad C_i \subset T \setminus C_v, C_v \subset T \setminus C_i \quad (10)$$

7. Атрибути можуть прийняти декілька значень одночасно. Така ситуація вирішена в UKSKX. Так, у разі обов'язкового v маємо

$$\begin{aligned} \exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_v} . c v = c (c_1 \vee c_1 c_2 \vee c_1 c_2 c_3 \dots \vee c_1 \dots c_{m-1} c_m), \\ C_i \subset T \setminus C_v, C_v \subset T \setminus C_i \end{aligned} \quad (11)$$

у разі необов’язкового

$$\begin{aligned} \exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V} \exists_{c_1 c_2 \dots c_m \in C_v} . c v = c (1 \vee c_1 \vee c_1 c_2 \vee c_1 c_2 c_3 \dots \vee c_1 \dots c_{m-1} c_m), \\ C_i \subset T \setminus C_v, C_v \subset T \setminus C_i \end{aligned} \quad (12)$$

8. Атрибути можуть бути залежними один від одного. Так, може існувати атрибут u , значення якого може бути заданим тільки у разі надання значення атрибуту v . Така ситуація вирішена в УКСКХ.

$$\exists_{c \in T} \exists_{v \in V \setminus u} \exists_{u \in V \setminus v} . c(u \supset v) \quad (13)$$

9. Існує обмеження на тимчасову присутність концептів-характеристик у рамках одного формулювання діагнозу.

$$\begin{aligned} \exists_{c \in C_i} \exists_{v \in V \setminus u} \exists_{u \in V \setminus v} \exists_{c_1^u c_2^u c_3^u \dots c_n^u \in C_u} \exists_{c_1^v c_2^v c_3^v \dots c_m^v \in C_v} . c u v = \\ c \wedge (c_1^u \oplus c_2^u \oplus c_3^u \dots \oplus c_n^u) \wedge (c_1^v \oplus c_2^v \oplus c_3^v \dots \oplus c_m^v) \wedge \\ \wedge \neg (c_i^u c_k^v \oplus c_k^u c_l^v), \\ C_i \subset T \setminus (C_u \cup C_v), C_u \subset T \setminus (C_i \cup C_v), C_v \subset T \setminus (C_i \cup C_u) \end{aligned} \quad (14)$$

Так для двох атрибутів з областями значень C_u і C_v можна вказати дозволені і/або заперечені набори значень.

Дана модель відповідає вимогам наданим [20],[21], [2], а також вдосконалює ряд питань відповідно до семантичних відношень, пов’язаних з обмеженнями при завданні та використанні термінологічної системи, виявленими під час користування електронної версії УКСКХ.

Розглянемо синтаксичну складову термінологічної системи. З лінгвістичної точки зору, описання клінічного діагнозу є граматично правильним висловленням, яке може бути описано як упорядкована множина(ланцюг) з термінів та зв’язок. Проблема граматично-коректних висловлювань має місце у всіх існуючих термінологічних системах[20][21][26][2], особливо це стосується впровадження систем подібних SNOMED в Україні. У якості засобів які призначені вирішувати цю проблему можна навести модуль SPECIALIST lexicon UMLS[17] [28], що матиме дозволяти конвертувати натуральномовну фразу у код термінологічної системи, що підтримується. Але при декодуванні як правило лікар має справу не з натурально-мовним висловлюваннями. Побудова універсальних інтерпретаторів, які здібні перекладати семантичне описання в натурально-мовне речення будь-якої мови є складною задачею комп’ютерної лінгвістики. В УКСКХ

для цієї мети пропонується включити до слотів фреймів додаткові синтаксичні грані, відображаючи таким чином фрейм у своєрідний граматичний шаблон, фрейм об'єднує семантичні складові з синтаксичними використовуючи механізм гранів(facets). Так, наприклад, діагноз K40, який має, за нотацією УКСКХ, такий шаблон „{!L} {!Q} пахова грижа, {ускладнена *O&.}” може бути описаним наступною граматикою:

$K40 \rightarrow S_1 S_2 \text{ пахова грижа } S_3?$

$S_1 \rightarrow L$

$L \rightarrow L_1 | L_2 | \dots$

$L_1 \rightarrow \text{Лівостороння}$

$L_2 \rightarrow \text{Правостороння}$

$S_2 \rightarrow Q$

$Q \rightarrow Q_1 | Q_2 | \dots$

$Q_1 \rightarrow \text{вправна}$

$Q_2 \rightarrow \text{невправна}$

$S_3 \rightarrow \text{ускладнена } O$

$O \rightarrow O_1 | O_2 | \dots$

$O_1 \rightarrow \text{защемлення } R?$

$R \rightarrow R_1 | R_2 | \dots$

$R_1 \rightarrow \text{пасма великого сальнику}$

$R_2 \rightarrow \text{тонка кишка}$

$O_2 \rightarrow \text{гангрена кишки}$

Таким чином, моделлю класифікації буде множина граматик, кожна з яких являє собою компактний запис усіх варіантів визначеного діагнозу. Концепти лишаються незалежними від лінгвістичних складових, але поряд з семантичним описанням концепту, будується додатковий лінгвістичний шаблон, що здатен враховувати синтаксичні особливості репрезентації. Ці шаблони можуть перекладатися на різні мови, змінюючи при цьому порядок слотів, включаючи чи виключаючи додаткові термінальні ланцюжки, які виконують роль граматичних зв'язок, змінюючи граматичні особливості значень. При цьому семантична складова фрейму лишається незмінною.

Концептуальна модель. Безсумнівним фактом є те, що сучасні передові термінологічні системи мають важливу підтримку, поширюються та розвиваються, і люба вітчизняна розробка з приводу

ієрархії концептів, покриття термінології, засобів аналізу та виводу не є конкурентноздатною. Але лишаються задачі, які можливо не мають сенсу з боку термінології взагалі, але є досить суттєвими з приводу надання специфічної термінології, якою є класифікація діагнозів (наприклад, правила 7,8,9 за моделлю). Виходячи з описаної моделі бажаної класифікації діагнозів для МІС України можна зробити висновок про можливість використання дорацьованої версії УКСКХ у якості національного стандарту і далі у ролі надбудови обраній термінологічній системи. Концептуальна модель такої надбудови показана на рис. 1. У якості абстрактної термінологічній системи виступає тандем SNOMED-UMLS.

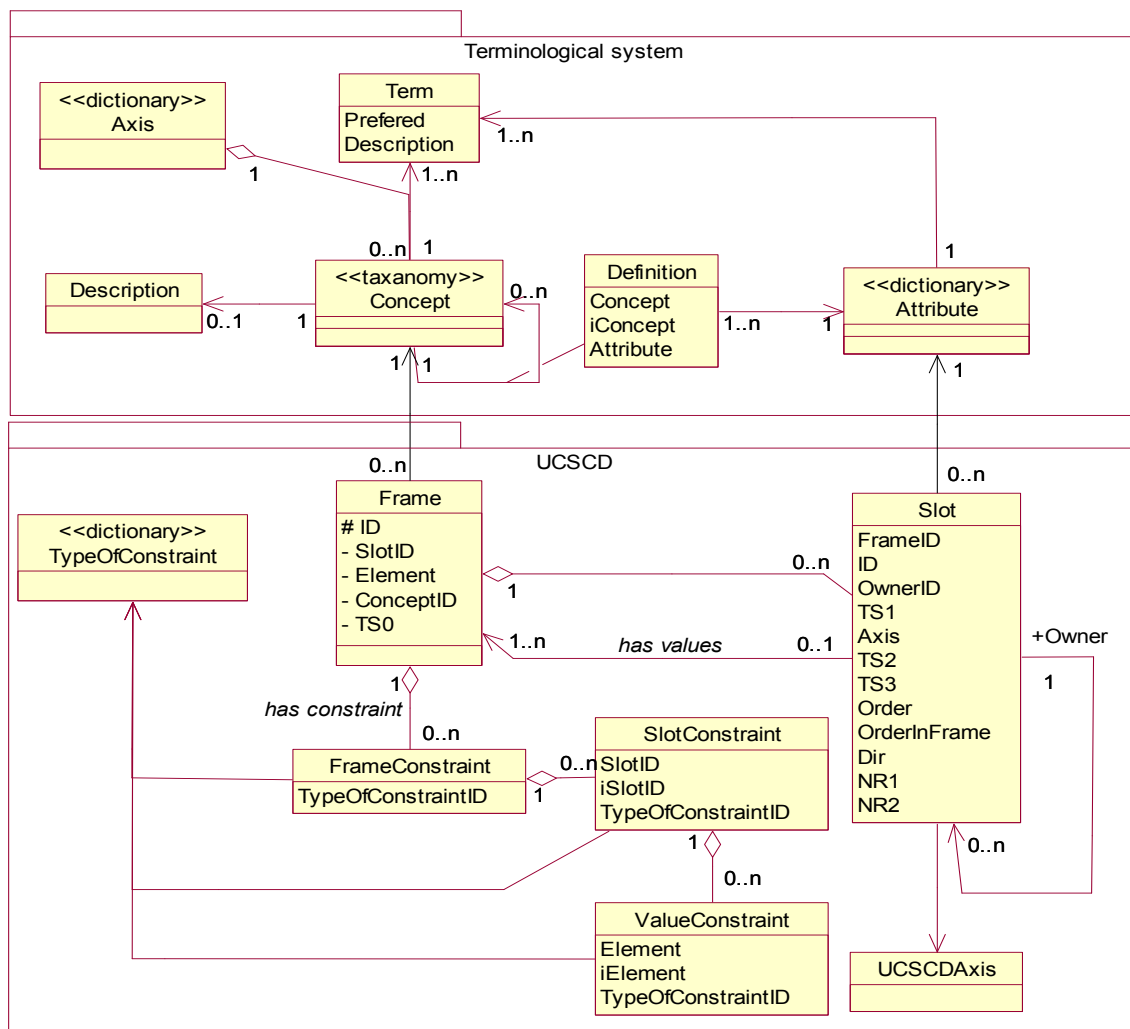


Рисунок 1 - Діаграма класів термінологічної системи

Так, за схемою, термінологічна система надає загальну множину концептів (клас `Concept`), їх стосунків (клас `Definition`), визначень та термінів (синонімів), що відповідають тим чи іншим концептам та

атрибутам. І відповідає за пріоритетну семантичну складову загальної системи. У разі відсутності деякої термінологічної системи УКСКХ приймає ці обов’язки на себе. УКСКХ відповідає за додатковий рівень обмежень щодо семантиці описаного діагнозу (правила 7,8,9), та за граматичну інтерпретацію. Надбудова УКСКХ пов’язана з термінологічною системою за правилом: кожний фрейм(значення) УКСКХ має відображення до концепту термінологічної системи та кожний слот має бути відображеним до атрибуту ТС. Слід особливо відзначити блок класів FrameConstraint, SlotConstraint, ValueConstraint, TypeOfConstraint, які вирішують задачу консистентності на тимчасову присутність концептів-характеристик у рамках одного формулювання діагнозу (правило 9) . Так, FrameConstraint вказує на існування обмежень та на їх характер у вигляді: всі комбінації значень усіх атрибутів є консистентними; всі консистентні/інконсистентні окрім; існують консистентні/інконсистентні. SlotConstraint – надає обмеження на комбінацію слотів: з’явлення любых значень двох слотів є інконсистентним/консистентним; всі консистентні/інконсистентні окрім; існують консистентні/інконсистентні. ValueConstraint – обмеження на комбінацію значень таким чином: одне значення одного слоту і кожне значення другого слоту є консистентними/інконсистентними; одне значення одного слоту і одне значення другого слоту є консистентним/інконсистентними.

Висновки. Сформульовані основні правила щодо семантичної складової з наданням формального опису, використовуючи логіку предикатів першого порядку. Надана концептуальна модель класифікації з визначенням можливих стосунків(та їх характеру) з вже існуючими термінологічними системами. Так, у випадку застосування деякої термінологічної системи, основним претендентом якої є SNOMED CT, модифікація існуючої УКСКХ можна розцінювати як надбудову з приводу описання діагнозів. При цьому весь процес кодування надається у вигляді основної термінологічної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sittig DF. Grand challenges in medical informatics. J Am Med Inform Assoc. 1: 412-413, 1994.
2. Alan L. Rector. Clinical terminology: Why is it so hard? Methods Inf. Med., 38:239-252, 1999.

3. Moorman P, van Ginneken A, van der Lei J, van Bommel JH. A model for structured data entry based on explicit descriptive knowledge. Yearbook of Medical Informatics 1995: 195-204.
4. de Keizer NF, Abu-Hanna A, Zwetsloot JHM. Understanding Terminological Systems (I): terminology and typology, Methods of information in Medicine 39:16-21, 2000.
5. Spackman KA, Campbell KE, Côté RA. SNOMED-RT: a reference terminology for health care. Proc AMIA Annu Fall Symp.:640-4,1997.
6. Spackman KA, Campbell KE. Compositional concept representation using SNOMED: Towards further convergence of clinical terminologies. Proceedings/AMIA Annual Fall Symposium. :740-4, 1998.
7. De Keizer N, Abu-Hanna A, Cornet R, Zwetsloot-Schonk J, Stoutenbeek C. Analysis and Design of an Ontology for intensive care diagnoses. Method Inform Med 1999; 38: 102-12.
8. Campbell K, Das A, Musen M. A logical foundation for representation of clinical data. J Am Med Informatics Assoc 1994; 1:218-32.
9. Sowa JF. Conceptual Structures. Reading, MA: Addison-Wesley, 1984.
10. THE DESCRIPTION LOGIC HANDBOOK: Theory, implementation, and applications. Edited by Franz Baader, Deborah L. McGuinness, Daniele Nardi, Peter F. Patel-Schneider, 2003
11. de Keizer NF, Abu-Hanna A. Framework for understanding Terminological Systems (II): Experience with Conceptual and Formal Representation of Structure. Methods of Information in Medicine, 39:22-29, 2000.
12. ICD-9, *Manual of the International Statistical Classification of Diseases, Injuries and Causes of Death*, World Health Organisation, Geneva , (1977).
13. ICD-10, *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - 10th Revision*, World Health Organisation, Geneva, (1993).
14. Robinson D, Comp D, Schulz E, Brown P, Price C. Updating the Read Codes: Userinteractive Maintenance of a Dynamic Clinical Vocabulary. J Am Med Inform Assoc 1997; 4 (6): 465-72.
15. Schulz E, Price C, Brown P. Symbolic Anatomic Knowledge Representation in the Read Codes Version 3: Structure and Application. J Am Med Inform Assoc 1997; 4: 38-48.
16. D. J. Rothwell, SNOMED-based knowledge representation, *Meth Info Med*, 34, 209-13, 1995.
17. D. A. Lindberg, B. L. Humphreys, A. T. McCray. The Unified Medical Language System. *Methods Inf Med* 1993 Aug;32(4):281-91.
18. Rector A, Solomon W, Nowlan W, Rush T, Zanstra P, Claassen W. A Terminology Server for medical language and medical information systems. Method Inform Med 1995; 34: 147-57.

19. Rector A, Bechhofer S, Goble C, Horrocks I, Nowlan W, Solomon W. The Grail concept modelling language for medical terminology. *Artif Intell* 1997; 9: 139-71.
20. Cimino J, Clayton P, Hripcsak G, Johnson S. Knowledge-based approaches to the maintenance of a large controlled medical terminology. *J Am Med Informatics Assoc* 1994; 1: 35-50.
21. Campbell J, Carpenter P, Sneiderman C, et al. Phase II evaluation of clinical coding schemes: completeness, definitions and clarity. *J Am Med Inform Assoc* 1997; 4: 238-51.
22. Cimino J. Desiderata for controlled medical vocabularies in the twenty-first century. *Meth Inform Med* 1998; 37 (4-5): 394-403.
23. Основные задачи медицинской кибернетики/ Н.М. Амосов, А.А. Попов, В.Г. Мельников, Н.А. Гватуа, Р.М. Птуха, А.М. Кочетов, А.М. Мигай// Труды семинара «Медицинская кибернетика», вып. 1. – Киев. – 1969. – с.3-23.
24. В. С. Хандецкий, А. А. Литвинов, Методика формирования модели диагноза на базе унифицированной клинико - статистической классификации болезней. Информационные технологии. №4 2002. Москва. Машиностроение.
25. Литвинов А.А. Использование фреймовой классификации диагнозов в медицинской информационной системе. Сборник тезисов докладов по материалам Международной научно-практической конференции «Математическое и программное обеспечение интеллектуальных систем». Днепропетровск, 2004., с.83-84.
26. W. Ceusters, B. Smith, J. Flanagan, Ontology and medical terminology: Why Description Logics are not enough, *Proceedings of TEPR 2003 - Towards an Electronic Patient Record*. San Antonio, Texas, May 10-14, 2003 (2003) (CD-ROM publication).
27. Anna Vikström, Ylva Skenhøj, Lars-Erik Strender, Gunnar Nilsson Intermapper Consistency between Coders mapping SNOMED CT Concepts to the Swedish Primary Health Care Classification KSH97-P. SEMANTIC MINING CONFERENCE ON SNOMED CT. October 1 - 3 2006. Copenhagen. Denmark
28. MCCRAY AT. The nature of lexical knowledge. *Methods of information in medicine* 37:4-54-5, 353-360, Schattauer, 1998.

Получено 09.01.07 г

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ОДИНОЧНОГО ВИТКА З НЕОДНОРІДНИМ МАТЕРІАЛОМ

Вступ. Контроль якості виробів з композитних матеріалів є актуальним ще на етапі виробництва самих композитів. Якщо умовно класифікувати композитні матеріали по геометрії компонентів, то можна виділити три основні групи: 1) з нуль-мірними компонентами, що мають всі три розміри одного і того ж порядку; 2) з одновимірними компонентами, один з розмірів яких значно перевищує два інших, наприклад, волоконні композитні матеріали на основі полімерів, металів і т. п., армовані скляними, борними, вуглецевими, керамічними і іншими волокнами; 3) з двовимірними компонентами.

Постановка задачі. Метою даної роботи є створення тривимірної моделі та її програмної реалізації для рішення задачі взаємодії електромагнітного поля вихорострумове датчика у вигляді одиночного витка, розташованого безпосередньо над композитним матеріалом, з цим матеріалом.

Отримані результати. Рівняння Гельмгольца, рішення якого знаходиться

$$\nabla^2 A - k^2 = -\mu_a J_{cm} \quad (1)$$

у нашому випадку, в декартовій системі координат виглядає так:

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} - k^2 A = -\mu\mu_0 j_{cm} \quad (2)$$

Замінюючи часткові похідні центральними кінцевими різницями,

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} \Big|_{x=ih, y=jh, z=kh} = \frac{A_{i+1,j,k} - 2A_{i,j,k} + A_{i-1,j,k}}{h^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial y^2} \Big|_{x=ih, y=jh, z=kh} = \frac{A_{i,j+1,k} - 2A_{i,j,k} + A_{i,j-1,k}}{h^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial z^2} \Big|_{x=ih, y=ih, z=kh} = \frac{A_{i,j,k+1} - 2A_{i,j,k} + A_{i,j,k-1}}{h^2} \quad (5)$$

отримаємо вираз для величини вектор-потенціалу:

$$\frac{A_{i+1,j,k} + A_{i-1,j,k} + A_{i,j+1,k} + A_{i,j-1,k} + A_{i,j,k+1} + A_{i,j,k-1} - 6A_{i,j,k}}{h^2} - k^2 A_{i,j,k} = -\mu\mu_0 j_{cm} \quad (6)$$

Після алгебраїчних перетворень та спрощень вираз для обчислення величини вектор-потенціалу має такий вигляд:

$$A_{i,j,k} = \frac{A_{i+1,j,k} + A_{i-1,j,k} + A_{i,j+1,k} + A_{i,j-1,k} + A_{i,j,k+1} + A_{i,j,k-1} + h^2 \mu\mu_0 j_{cm}}{6 + h^2 k^2} \quad (7)$$

Для завдання граничних умов скористаємось:

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} = 0 \quad (8)$$

Що задовольняє граничній умові $A|_c = f$.

У витку і в повітрі параметр k^2 дорівнює 0, а також у повітрі та в матеріалі можна знехтувати сторонніми струмами, тому там $J_{ct}=0$, внаслідок цього в різних зонах формули для обчислення будуть відрізнятися.

Вектор-потенціал величина векторна, тому для обчислення, необхідно розділити його на дійсну та уявну частину.

$$A = \text{Re } A + j \text{Im } A \quad (9)$$

Обчислювальні формули будуть мати такий вигляд:

$$\text{Re } A_{i,j,k} = \frac{\sum \text{Re } A + h^2 \mu\mu_0 j_{cm}}{6 + h^2 k^2} + j \frac{\sum \text{Im } A}{6 + h^2 k^2} \quad (10)$$

Щоб позбутися комплексного числа в знаменнику помножимо вираз на комплексно-спряжене значення:

$$\begin{aligned} \text{Re } A_{i,j,k} &= \frac{(\sum \text{Re } A + h^2 \mu\mu_0 j_{cm})(6 - h^2 k^2) \sum \text{Im } A}{36 + h^4 k^4} \\ \text{Im } A_{i,j,k} &= \frac{(\sum \text{Im } A + h^2 \mu\mu_0 j_{cm})(6 - h^2 k^2) \sum \text{Re } A}{36 + h^4 k^4} \end{aligned}$$

Після всіх алгебраїчних перетворень формули, що використовуються для ітераційних обчислень, мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{Re } A_{i,j,k} &= \frac{6(\text{Re } A_{i+1,j,k} + \text{Re } A_{i-1,j,k} + \text{Re } A_{i,j+1,k} + \text{Re } A_{i,j-1,k} + \text{Re } A_{i,j,k+1} + \text{Re } A_{i,j,k-1} + h^2 \mu\mu_0 j_{cm})}{36 + h^4 k^4} - \\ &\frac{k^2 h^2 (\text{Im } A_{i+1,j,k} + \text{Im } A_{i-1,j,k} + \text{Im } A_{i,j+1,k} + \text{Im } A_{i,j-1,k} + \text{Im } A_{i,j,k+1} + \text{Im } A_{i,j,k-1})}{36 + h^4 k^4} \end{aligned}$$

$$\operatorname{Im} A_{i,j,k} = \frac{6(\operatorname{Im} A_{i+1,j,k} + \operatorname{Im} A_{i-1,j,k} + \operatorname{Im} A_{i,j+1,k} + \operatorname{Im} A_{i,j-1,k} + \operatorname{Im} A_{i,j,k+1} + \operatorname{Im} A_{i,j,k-1})}{36 + h^4 k^4} -$$

$$\frac{k^2 h^2 (\operatorname{Re} A_{i+1,j,k} + \operatorname{Re} A_{i-1,j,k} + \operatorname{Re} A_{i,j+1,k} + \operatorname{Re} A_{i,j-1,k} + \operatorname{Re} A_{i,j,k+1} + \operatorname{Re} A_{i,j,k-1} + h^2 \mu_0 j_{cm})}{36 + h^4 k^4}$$

По аналогії з двомірною моделлю будемо використовувати сіткову модель. Крок сітки приймаємо $h = 0.5 \cdot 10^{-4}$ м. Область досліджуваного композиту по осі $x = 6$ см = 120 вузлів сітки, по $y = 4$ см = 80, по $z = 4$ см = 80 вузлів. Виток відстає від композиту на 1 крок сітки. Радіус витка візьмемо 1 мм = 20 вузлів. Шари композиту розташовуються під довільним кутом α щодо осі x , вглиб матеріалу. Модель композита зображена на рис. 1. Перед початком розрахунків можна вибрати товщину шарів тканини і зв'язуючого, кут нахилу шарів. Товщина тканини була вибрана 10 вузлів, а товщина зв'язуючого - 6 вузлів. Це відповідає товщинам 0.5 мм та 0.3 мм.

Програмна реалізація виконана за допомогою Borland C++ Builder 6. Перед початком розрахунків треба вибрати, для яких величин k^2 (що відповідає величині параметра β) будуть проводитись обчислення, визначити товщини шарів тканини та зв'язуючого.

Програма починає моделювання після того як користувач вибрав потрібні параметри і натиснув кнопку «Расчёт». Кнопка «Обнуление» потрібна для того щоб після закінчення моделювання, повернути модель до початкових значень. За допомогою групи перемикачів «Материал» та «Отношение слоёв», користувач вибирає значення k_f^2 та k_c^2 . До групи додаткових параметрів входять: кут нахилу шарів до межі - «Угол слоёв»; погрішність розрахунку - «Погрешность»; а також товщини шарів тканини та зв'язуючого. В нижній частині вікна знаходяться лічильники та смуга стану, які показують перебіг розрахунку.

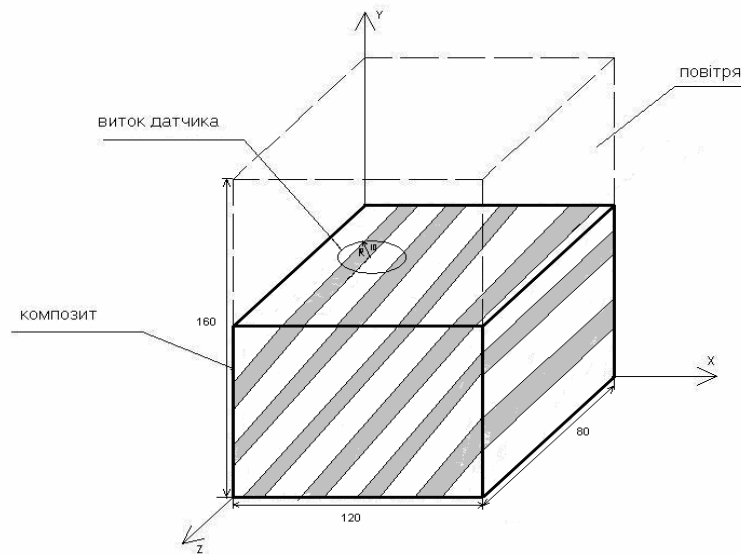


Рисунок 1 - Модель композита

Після натискання на кнопку «Расчёт» програма починає виконувати основний цикл. Він починається з програми обнуління масиву. Для прискорення процесу масив одночасно обробляється з шести сторін, тобто за одну ітерацію обробляється шість точок.

Далі програма будує модель витка, за допомогою окремої функції яка, підчас руху витка відносно матеріалу, запобігає зникненню точок у ньому. Наступний крок надає початкові значення точок витка. Після чого починається побудування самого матеріалу. Параметри беруться із значень заданих користувачем. На цьому побудування моделі закінчується.

Коли модель збудована, починається цикл розрахунку, який продовжується до тих пір, поки абсолютна погрішність між поточним та попереднім значеннями величини дійсної частини вектор-потенціалу в точках витка стає менше ніж 10%. Після цього виток зсувається на один шаг сітки. Перед кожним новим зсувом витка, програма зберігає значення точок витка у файл. Цикл закінчується тоді коли виток пройде увесь матеріал.

Для моделювання композиту було використано масив структур розміром 120x140x80. Точкою масиву є структура, що містить дійсну та уявну частини вектор-потенціалу - змінні ReA та ImA типу `float`, а також змінна `TypePoint` типу `int`, що визначає до якого типу середовища відноситься ця точка моделі. Різні області моделі мають номери, аналогічні відповідним номерам у двовірній моделі, 1, 2 –

відповідно матеріал та зв'язуюче, 3, 4 – граничні вузли, 5-виток, 0 – повітря.

В цикл включено декілька підпрограм. Зупинимось на деяких аспектах: щоб дізнатися, чи виток досягнув кінця області, перевіряємо величину змінної, що містить поточну координату центра витка по осі x , і, якщо її значення менше 97, цикл продовжується, якщо більше чи дорівнює, цикл припиняється. Точність підрахунку визначається за допомогою іншої змінної „Raznost”. Її значення показує кількість точок витка в яких було досягнуто потрібну точність, то б то якщо вона дорівнює 57 – саме стільки вузлів сітки утворюють виток, програма записує дані до файлу “date.txt”.

Для обнуління масиву використовується принцип звичайного алгоритму проходження по масиву, але для прискорення роботи одночасно обробляються декілька точок, з різних кутів масиву, тобто за одну ітерацію масиву обробляється вісім точок масиву. Таким чином зменшується кількість ітерацій, і як слідство машинний час. Одночасно обнуління іде у двох масивах, дійсному та масиву попередніх значень.

Для побудови кола витка було застосовано жорсткий шаблон. По вузлах сітки було побудоване коло, поділене на вісім однакових секторів. Цикл формування витка будує по вузлах лише одну частину, всі інші будуються залежно від неї. До функції побудови витка було включено функцію знищення його на попередньому етапі. Після побудови починаються алгоритми присвоєння початкового значення вузлам витка та запис його значень до файлу під час переходу на інший шаг.

Функція побудування моделі композита починається з побудування межі матеріалу та повітря поступовим перебором точок та присвоєнням їм відповідного значення змінної. Будувannya самого матеріалу починається з отримання значення кута нахилу шарів та їх товщини із початкової форми, де задаються дані для розрахунків. Побудування матеріалу полягає в розміщенні шарів один за одним, а відповідно до товщин шарів тканини та зв'язуючого на потрібному етапі розміщується одиночний шар границі. Перед кожним кроком призначення типу шару проводиться перевірка, чи не вийшло значення змінної, яка визначає координату по осі x , за межі масиву.

Після проходження по осі x в залежності від кута нахилу шарів площа матеріалу на наступній координаті по осі y повторюється, або зсувається на 1 вузол, або зсувається на 2 вузли сітки.

Власне функція розрахунку складається з двох частин. В першій частині міститься розрахунок величин, постійних для даної ітерації. В другій частині підраховуються значення окремо дійсної та уявної частин вектор-потенціалу в сітковій області за різними виразами, в залежності від того, до якої області належить даний конкретний вузол сітки.

В процесі виконання роботи було розроблено та відлагоджено програму, що моделює якісний аналіз структури шаруватого композитного матеріалу з довільним кутом "виходу" шарів на поверхню за допомогою дослідження магнітного векторного потенціалу вимірюючої рамки у вигляді одиночного витка, розташованого безпосередньо над матеріалом. Для моделювання було використано сітковий метод рішення диференціальних рівнянь в часткових похідних. В програмі був змодельований процес структуроскопії ідеального композитного матеріалу. Алгоритм програми дозволяє довільним способом вибирати різні параметри моделювання, такі як кут нахилу шарів, їх ширину, k^2 та точність підрахунку.

На машині з тактовою частотою процесора 2.4 ГГц та шиною пам'яті 333МГц, підрахунок однієї ітерації для одного вузла сітки займає 5 хвилин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хандецкий В.С., Маркович В.А. Расчёт методом сеток внесённых параметров вихревых преобразователей, расположенных над структуро-анизотропным материалом/ Дефектоскопия, 1991 - № 2. – С. 60-68М.

Отримано 24.11.2006 г.

УДК 681.3.06

И.В. Машкина, В.И. Машкин

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ

Введение и постановка задачи. По мере оснащения промышленных предприятий новой техникой и по мере старения установленного ранее оборудования, все более важное значение приобретает его эффективная эксплуатация, обеспечивающая техническая готовность (ТГ) предприятия к выполнению производственных задач эффективно и в установленные сроки.

Вопрос определения технической готовности промышленного оборудования, исследование его содержательности, имеет первоочередное значение в методологическом обеспечении решения актуальной комплексной научно - технической проблемы повышения эффективности управления техническим обслуживанием и ремонтом (ТОР) оборудования предприятий для интенсификации их эксплуатации, надежного возобновления и поддержки заданного уровня ТГ и рационального использования всех видов ресурсов[1]. Управление технической готовностью предприятия представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на получение своевременной, полной и достоверной информации с целью организации работ по поддержке состояния оборудования в установленной степени готовности.

Для принятия решения о том, когда, с помощью каких средств и в каком объеме требуется выполнить необходимые мероприятия на оборудовании, системах, в цехе, на участке и предприятии в целом, необходимо провести оценку технической готовности технических составляющих объекта (ТСО), темпа расходования ресурса основного оборудования и сделать прогноз расходования ресурсов на определенные плановые сроки, что в свою очередь, требует разработки (выбора):

критериев оценки ТГ, определяющих достоверность состояния оборудования и его технических составляющих;

методов и средств, позволяющих оперативно оценить ТГ и прогнозировать затраты ресурсов;

методов определения порядка и алгоритмов обработки и фиксации результатов оценки ТГ.

Отсутствие алгоритмов и процедур оценки и прогноза технической готовности единиц оборудования – в дальнейшем сложных технических систем (СТС) на разных этапах эксплуатации приводит к ресурсным потерям, которые взаимосвязаны с операциями восстановления элементов систем, имеющих достаточный запас назначенного ресурса, что приводит к дополнительным материальным и временным затратам.

В настоящее время недостаточно разработаны стратегия и рекомендации по выбору ресурсосберегающих режимов использования элементов систем, учитывающих заданную ТГ единиц промышленного оборудования, отдельных комплексов и предприятия в целом. Вышесказанное обуславливает актуальность и необходимость исследования проблемы оценки, анализа и рационального управления технической готовностью СТС.

Теоретическим и практическим аспектом совершенствования управления эксплуатацией и ремонтом оборудования промышленных предприятий отводится большое внимание в разных областях деятельности человечества [2,3]. Вместе с тем следует отметить, что при решении задач повышения эффективности функционирования СТС уровень формализованного представления зависимостей ремонтпригодности, технического состояния (ТС) и взаимосвязи ресурсов СТС недостаточен. Решение рассмотренной комплексной проблемы требует разработки методологических основ и систем и методов, которые основаны на базе математических моделей оценки технического состояния и технической готовности СТС.

В данной работе рассматриваются вопросы организации поддержки технической готовности сложных технических систем с применением математических моделей и современных компьютерных средств. Поддержка установленного уровня ТГ сложных технических систем – важнейший момент в безаварийной и эффективной эксплуатации оборудования, что связано с затратами технических ресурсов СТС и необходимостью их возобновления. Частичное возобновление уровня ТГ осуществляется в результате проведения

технического обслуживания (ТО), которое проводится с помощью эксплуатационного и ремонтного персонала СТС. Полные затраты ресурса объекта приводят к необходимости его восстановления путем проведения ремонта с выводом его из эксплуатации.

Изложение основного материала исследования. Динамическое равновесие между процессами восстановления ТГ при техническом обслуживании, ремонте и процессом его снижения в условиях эксплуатации отвечает уровню ТГ СТС. В условиях современного развития и совершенствования сложных технических систем существенно разнообразились способы их технического обслуживания и ремонта. Система ТОР представляет собой сложный комплекс, функционирование которого объективно связано с решением многомерных и трудноформализуемых задач учета и контроля, планирования и оперативного управления, координации развития и функционирования многочисленных звеньев системы ТОР любой отрасли промышленности. Для поддержки технического состояния ТСО на уровне, обеспечивающем эффективное выполнение круга задач и организации работ по предупреждению аварийности, необходимы знания фактического уровня ТГ – важнейшего фактора, от которого зависит эффективное управление процессом поддержки необходимой ТГ объектов.

Управление поддержки необходимого уровня ТГ - совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на получение своевременной, полной и достоверной информации с целью организации работ по поддержке технических составляющих объекта в надлежащей степени готовности. Поэтому, прежде всего необходимо определить понятие готовности технических средств или технической готовности. Определим условия, в которых сложная техническая система имеет необходимую готовность (речь также может идти о подсистемах, оборудовании и отдельных устройствах).

Пусть на отрезке $(0, T]$ выделены момент t_p и задан соответствующий режим предусмотренного использования $p \in P$, где P – множество возможных режимов функционирования системы. Будем считать, что система имеет нужный уровень готовности, если в момент t_p режим p выполняется без ограничения. В противном случае уровень готовности считается нулевым. Множество режимов составляет структуру, то есть:

$$P = \bigcup_i P_i, \bigcap_i P_i = \emptyset, \quad (1)$$

где P_i - подмножество режимов, которые относятся к i -й стадии жизненного цикла системы (ЖЦС).

На отрезке $(0, T]$ можно задать значение $\Theta_p < t_p$, в котором определяется уровень ТГ с тем, чтобы в момент времени t_p выполнять предусмотренный режим p по восстановлению ТГ. Возможность выполнять режим p определяется состоянием системы $Sr(t_p)$, а это означает, что $p = p(Sr(t_p))$, где r - относительная готовность системы. Если заданы Θ_p , t_p и $p(Sr(\Theta_p)) > p(Sr(t_p))$, а также заданы ресурсы (состояние ресурсов, которые используются при управлении готовностью) $V(\Theta_p)$, тогда возникают две задачи.

1. Перевести систему из $Sr(\Theta_p)$ в $Sr(t_p)$ за время $|\Theta_p - t_p|$, если необходимые для этого ресурсы $V(Sr(\Theta_p); Sr(t_p); |\Theta_p - t_p|) \leq V(\Theta_p)$. При этом ресурсы должны быть использованы оптимальным образом, а понятия оптимальности определяется ранее.
2. Пусть $V(Sr(\Theta_p); Sr(t_p); |\Theta_p - t_p|) > V(\Theta_p)$. Тогда необходимо выбрать режим, относящийся к этой же стадии ЖЦС, наиболее близкий к требуемому режиму.

Независимо от типа задачи, необходимым условием для ее решения является наличие информации о $Sr(t)$, $t \in (0, T]$. Кроме того, необходимо иметь прогноз развития $Sr(t)$, $\Theta = t < T$, для того, чтобы предусмотреть определенную реакцию на конкретный альтернативный вариант развития состояния, и необходимую информацию о $V(t)$, прогноз затрат ресурсов для каждого варианта развития $Sr(t)$, поскольку в любой момент могут выполняться или будет необходимо выполнение определенных объемов работ по поддержке готовности.

Таким образом, готовность можно определить как состояние, из которого система может с заданной вероятностью перейти в любой режим, принадлежащий выделенному подмножеству режимов при наличии определенного количества ресурсов.

Принимая такое определение, можно выделить перечень проблем, связанных с поддержкой готовности:

- определение достоверности идентификации $Sr(t)$;
- определение действительного состояния $V(t)$;

- определение достижимости состояния $Sr(t_p)$ из $Sr(\Theta_p)$;
- расчет необходимых для этого ресурсов $V(Sr(\Theta_p); Sr(t_p); |\Theta_p - t_p|)$;
- конструирование гипотез о путях развития $Sr(t)$, $\Theta = t < T$;
- разработка решений о распределении и назначении ресурсов;
- разработка технологического процесса реализации решений и использования ресурсов;
- управление процессом перевода из $Sr(\Theta_p)$ в $Sr(t_p)$;
- информирование руководства о $Sr(t)$.

Готовность, таким образом, есть функция времени, состояния ЖЦС и ресурсов.

Для каждого режима функционирования системы характерно привлечение конкретного множества технических средств, при использовании которых обеспечивают или вхождение в новый (следующий) режим, или нахождение в текущем (заданном) режиме. Такое множество технических средств составляет целостную структуру с механическими, энергетическими и информационными связями. Тогда, готовность определяется знаниями о структурах технических средств, их характеристик и т.п., иначе говоря, знаниями о моделях технических средств системы и о значениях всех атрибутов. Эти знания могут быть зафиксированы в квалификации персонала или базы знаний информационного обеспечения систем поддержки и принятия решений.

Техническая готовность системы определяет возможность достижения цели, для которой создавалась система, то есть для достижения определенного эффекта. Снижение уровня готовности понижает эффективность системы или приводит, в некоторых случаях, к потерям, которые превышают не только стоимость средств поддержки готовности или самой системы, но и стоимость объекта, на котором такая система устанавливается.

Уровень ТГ можно характеризовать остаточным назначенным ресурсом ТСО, которые представляют собой установки, агрегаты, механизмы и прочее оборудование, которое обеспечивает работоспособность СТС в соответствии с назначением. Важным условием достоверности оценки ТГ является выявление закономерностей интенсивности затрат ресурса от условий и режимов эксплуатации путем специальной организации ресурсных испытаний,

целенаправленного сбора и обработки исследовательских данных о результатах диагностических операций ТОР.

В этом случае общую формализованную постановку задачи оценки и прогнозирования ТГ можно осуществить на основе ресурсно–диагностической модели технического состояния (РДМ ТС) следующим образом. Пусть существует функция изменения ТС объекта непрерывного или дискретного параметра t , которая характеризуется набором, или вектором признаков w , принадлежащих некоторому диагностическому пространству признаков W . Предположим, что существует некоторое решающее правило экстраполяции результатов измерения $w_1, \dots, w_k$ в моменты $t_1, \dots, t_k$, которые образуют множества $T_k = \{t_1, \dots, t_k\}$, $W(T_k) = \{w_1, \dots, w_k\}$. Обозначим $w(t/T_k)$ процесс, прогнозируемый на отрезке (t_k, t_{k+1}) , полученный с помощью правила экстраполяции. Тогда при условии существования области Ω_w в пространстве, соответствующем работоспособным состояниям объекта, для всех $t \in (t_k, t_{k+1})$, при которых $w(t/T_k) \in \Omega_w$, ТС будет также соответствовать работоспособности объекта. Для оценки влияния условий эксплуатации обозначим вектор внешних влияний $g(t)$, а вектор параметров объекта обозначим a . Договоримся также, что при оценке вектора признаков W становится известным вектор ошибок измерений $n(t)$. Кроме того, пусть существует вектор параметров системы измерений W и объекта b , что обеспечивает формирование некоторого вектора ТС объекта $u(t)$ с помощью функции $w = G(u, n, b)$. Тогда изменения ТГ будут характеризоваться дифференциальным уравнением: $du/dt = f(u, g, a)$, которое рассматривается в пространстве ТС – U . Вследствие этого существует область допустимых состояний в пространстве U , соответствующая Ω_w .

Таким образом, можно найти и $U(T_k)$, которое соответствует $w(T_k)$, и провести экстраполяцию процесса $u(t)$ на отрезке $(t_k, t_{k+1}]$. Аналогично можно утверждать, что ТС на отрезке $(t_k, t_{k+1}]$ не достигнет предельного состояния (ПС), если $u(t) \in \Omega_w$ при всех $t \in (t_k, t_{k+1}]$. Апостериорная вероятность достижения объектом ПС будет равняться $P(t/T_k) = P\{u(\tau) \in \Omega_w; \tau \in (t_k, t]/w(T_k)\}$. Поскольку задача рассматривается относительно прогнозирования работоспособного ТС, предел Ω_w должен соответствовать предельным

состояниям. Апостериорная функция распределения вероятности достижения ПС, которое отвечает фиксированным значениям процесса $U(T_k)$ на множестве T_k , будет равняться $P[t/u(T_k)] = P\{u(\tau) \in \Omega_w; \tau \in (t_k, t] / u(T_k)\}$. Можно записать:

$$P(t/T_k) = \int_{\Omega_{\omega}^k} P[t/u(T_k)]P[u(T_k)/w(T_k)]du(T_k), \quad (2)$$

где k - число моментов времени $t_1, \dots, t_k$, в которых происходили измерения процесса $w(t)$.

При значении допустимой вероятности достижения объектом ПС - $R_{\text{доп}}$. индивидуальный или остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$ будет определяться неравенством $P(t_k + t_{\text{ост}}/T) \geq R_{\text{доп}}$. Предельно допустимый фактически остаточный ресурс можно найти из равенства $P(t_k + t_{\text{ост}}/T) = R_{\text{доп}}$. Информация, которая необходимая для оценки ТГ находится, главным образом, в результатах наблюдений $w(T_k)$, по значениям которых определяются оценки вектора состояния $\bar{u}(T_k) = (\bar{u}_1, \dots, \bar{u}_k)$, параметров объекта $\bar{a}$ и системы измерений $\bar{b}$. В этом случае идентификация ТС осуществляется с помощью соотношения $P(t/T_k) = P[t/\bar{u}(T_k)]$. Такая оценка есть более грубой в сравнении с оценкой, в которой используется функция распределения вероятностей. Функция распределения остаточного ресурса как показателя ТС и ТГ будет иметь вид: $F_{\text{ост}}(t_{\text{ост}}/T_k) = 1 - P(t_k + t_{\text{ост}}/T_k)$

Рассмотренные понятия и показатели отображают конструктивно-технологические особенности системы и их элементов как ресурсоносителей и зависят от приспособленности системы ТОР к выполнению возобновляемых операций.

Анализируя процесс эксплуатации и ремонта технических составляющих объекта можно выделить понятие текущей ТГ (ТТГ) и обобщенной ТГ (ОТГ).

Текущая ТГ рассматривается в пределах одного эксплуатационно-ремонтного цикла (ЭРЦ) СТС - повторяющегося периода, на протяжении которого осуществляются в определенной последовательности все виды технического обслуживания и ремонта. Для проведения ремонта СТС периодически выводятся из эксплуатации.

Обобщенная ТГ оценивается относительно периода эксплуатации и ремонта, (период может включать в себя несколько ЭРЦ).

Взаимосвязь понятий ТТГ и ОТГ состоит в следующем. В соответствии со структурой ЭРЦ технических составляющих объекта в указанные моменты времени проводится замена или ремонт его отдельных узлов и деталей. Таким образом, на каждом из этих интервалов будет скачкообразно возрастать ТТГ в результате восстановления ресурсов отдельных элементов, но не до первоначального значения G_0 , а до некоторого значения G_t , так как часть узлов и деталей ТСО осталась с неполными ресурсами трудоспособности. Не нарушив общности рассуждений, предположим, что уменьшение ТТГ в пределах каждого состояния эксплуатации происходит по экспоненциальному закону с параметром β , то есть $G = G_0 e^{-\beta t}$, а восстановление происходит до величины G_{wt} , характеризующейся степенью восстановления $k_b = G_{wt}/G_0$; $0 < k_b < 1$.

Величина возобновления ТТГ ΔG на каждом отрезке будет равняться $\Delta G = G_0(k_b - e^{-\beta t})$. Соответственно, общее описание процесса убывания и восстановления ТТГ можно представить в виде

$$G_{ti} = G_{i-1} e^{-\beta t_i}; \Delta G_i = G_{i-1}(k_{bi} - e^{-\beta t_i}).$$

(3)

Текущая техническая готовность после i -го восстановления будет характеризоваться $G_{wti} = G_{i-1} k_{bi}$. В целом СТЗ как элемент системы будет функционировать до достижения ПС, при котором $G_{wt} = G_{пр}$. Обобщенный процесс потери первоначального уровня ТГ можно характеризовать пилообразной зависимостью $A = F(\beta_i, \Delta G_i)$.

Математическое ожидание времени перехода процесса A из $G_{пр}$ представляет собой функцию:

$$\bar{T} = \Phi(G_0, G_{пр}, A, k_{e1} \dots k_{en}). \quad (4)$$

Пусть общее снижение ОТГ описывается также экспонентой. Тогда можно записать:

$$G_{пр} = G_0 e^{-\theta_n \bar{T}_{mp}}. \quad (5)$$

Так как $G_{пр}/G_0 = e^{-\theta_n \bar{T}_{mp}}$, то после логарифмирования получаем:

$$\ln(G_{пр}/G_0) = -\theta_n \bar{T}_{mp}$$

Поэтому из (5) следует, что

$$\overline{T_{mp}} = (\ln(G_0 / G_{np})) / \theta_n. \quad (6)$$

Поскольку рассмотренный процесс является многофакторным, то как показано в (4), можно считать, что $\overline{T_{mp}}$ распределяется по нормальному закону. Учитывая, что процесс потери первоначального уровня ТГ описывается экспоненциальными зависимостями, а зависимость уровня ТГ системы с учетом запланированных работ по восстановлению ТГ имеет вид пилообразной функции, то при таких предположениях справедливы следующие соотношения:

$$G(t) = G_0 e^{-\beta t}, \quad G_i(t) = G_{i-1} e^{-\alpha_i(t-t_{i-1})}, \quad G_{i-1} = G(t_{i-1}), \quad t_{i-1} \leq t \leq t_i, \quad (7)$$

$$\int_0^{\overline{T_{mp}}} G(t) dt = \int_0^{t_1} G_1(t) dt + \int_{t_1}^{t_2} G_2(t) dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} G_n(t) dt, \quad (8)$$

$$\int_0^{\overline{T_{mp}}} G_0 e^{-\beta t} dt = \int_0^{t_1} G_0 e^{-\alpha_1 t} dt + \int_{t_1}^{t_2} G_1 e^{-\alpha_2(t-t_1)} dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} G_{n-1} e^{-\alpha_n(t-t_{n-1})} dt, \quad (9)$$

$$\frac{G_0}{\beta} (1 - e^{-\beta \overline{T_{mp}}}) = \frac{G_0}{\alpha_1} (1 - e^{-\alpha_1 t_1}) + \dots + \frac{G_{n-1}}{\alpha_n} (1 - e^{-\alpha_n t_n}), \quad (10)$$

$$\frac{1}{\beta} (1 - e^{-\beta \overline{T_{mp}}}) = \frac{1}{\alpha_1} (1 - e^{-\alpha_1 t_1}) + \frac{K_{b2}}{\alpha_2} (1 - e^{-\alpha_2 t_2}) + \dots + \frac{K_{bn}}{\alpha_n} (1 - e^{-\alpha_n t_n}), \quad (11)$$

$$P(\overline{T_{mp}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi K_t \overline{T_{mp}}}} e^{-\frac{(\overline{T_{mp}} - T)^2}{2 K_t^2 \overline{T_{mp}}^2}} \quad (12)$$

Можно установить, что для каждого объекта существует межремонтный ресурс, наработка которого требует ремонта для всех его элементов. Поэтому, ОТГ будет характеризоваться периодом использования, накопленными затратами на восстановление ТТГ, прогнозируемыми затратами на остаточный межремонтный ресурс $\overline{T_{mp}}$ или их соотношениями.

Выводы. Рассмотренная общая формализованная постановка задачи оценки допустимого уровня технического состояния в процессе управления технической готовностью обуславливает возможность эффективного использования ресурсно-диагностической модели технического состояния объектов, их элементов и подсистем при наличии количественной оценки влияния условий и режимов эксплуатации на интенсивность затрат назначенного ресурса и оценки фактических остаточных ресурсов. Использование таких

формализованных методик и моделей описания технического состояния объектов при создании специальных компьютерно-ориентированных программных средств дают возможность разработчикам и эксплуатационному персоналу проводить более достоверную оценку выполнения объектом предназначенных ему функций и более эффективно руководить процессом поддержки необходимой технической готовности объекта и его подсистем.

Следующим шагом рассмотрения этой проблемы есть выделение и обоснование критериев технической готовности сложных технических систем на разных этапах ее эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светличный Петр Николаевич. Готовность информационно-измерительной системы / П. Н. Светличный. - Киев:КИЯИ, 1981. - 29 с
2. Абрамов О.В. Обеспечение безотказности систем ответственного назначения.// Информационные технологии в проектировании и производстве, 2000 – №4 – С. 14 –16.
3. Богатырев В.А. К оценке надежности систем из многофункциональных модулей // Автоматизация и современные технологии, 2001. –№6 – С – 12 – 15.
4. Корн Г. ,Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Г.:Наука, 1984 – 832 с.

Получено 28.11.2006 г.

УДК 621.3

В.О. Пащенко, Н.О. Матвеева

ЗАВАДОСТІЙКА ОБРОБКА ПОСЛІДОВНИХ КОВЗНИХ ВИБІРОК ДЕЛЬТА-МОДУЛЬОВАНОЇ ОГИНАЮЧОЇ ІКМ- СИГНАЛУ

Вступ. Численні види дельта-модуляції ґрунтуються на дискретизації за часом, квантуванні за рівнем та кодуванні різниці між відліками вхідного й апроксимуючого сигналів [1, 2]. ДМ-подання характеризується зв'язком між кроками квантування і більш завадостійка. Завдяки тому, що різницевий сигнал змінюється в більш вузькому діапазоні чим вхідний сигнал, при однаковій розрізнявальній здатності розрядність ДМ-коду завжди нижча коду ІКМ. Низька розрядність й ефективні алгоритми кодування роблять привабливим застосування ДМ при ЦОС, приводячи до простої, економічної і надійної реалізації спеціалізованих процесорів, що дозволяє у деяких випадках обробляти й більш широкосмугові сигнали.

Постановка задачі. При послідовному застосуванні до сусідніх ковзних вибірок алгоритмів декодування викривлених шумами характерних фрагментів дельта-модульованої огинаючої [3], а також завадостійкого швидкого редукованого алгоритму діадно-кореляційної ідентифікації типу фрагмента [4] не завжди можна отримувати узгоджені між собою результати, оскільки випадковими є викривлення, спричинені білим гауссовим шумом змінної інтенсивності. Внаслідок цього корекцію у межах окремої ковзної вибірки необхідно здійснювати обачливо: попередньо оцінювати кількість помилок і потрібний рівень завадостійкості за допомогою алгоритмів з меншою корегувальною здатністю і лише потім виправляти викривлення дельта-модульованої огинаючої й ідентифікувати її характерні фрагменти за допомогою потужніших алгоритмів. Наприкінці обробки доцільно залучати завершальний логічний аналіз всієї дельта-модульованої огинаючої з метою усунення можливих неузгодженостей між результатами щодо сусідніх ковзних вибірок.

Основна частина. У межах ковзної вибірки обробку необхідно здійснювати за допомогою такої стратегії:

а) попередньо оцінювати кількість помилок і потрібний рівень завадостійкості, використовуючи алгоритм спискового декодування групового коду, який здатний виправляти лише поодинокі помилки;

б) потім залучати й більш потужний алгоритм табличного декодування коду-добутку, спроможний виправляти й пакети помилок;

в) завершувати слід діадно-кореляційною ідентифікацією типу характерного фрагменту, яка за завадостійкістю дещо перевершує декодування з виправленням помилок[5].

Наприкінці обробки всієї дельта-модульованої огибаючої доцільно залучати формальну процедуру заключного логічного аналізу для усунення можливих неузгодженостей між отриманими результатами щодо послідовних вибірок.

З метою реалізації вище сформульованої стратегії шляхом корекції викривлень й ідентифікації типу характерних фрагментів дельта-модульованої огибаючої ІКМ-сигналу пропонується такий комплексний алгоритм (рис. 1).

1. Уведення кількості N бінарних відліків огибаючої, параметра n , що визначає довжину 2^n ковзної вибірки, а потім і самої дельта-модульованої огибаючої.
2. Обнуління номера J ковзної вибірки.
3. Формування чергової ковзної вибірки довжини 2^n .
4. Виконання алгоритму спискового декодування ковзної вибірки як слова групового коду[3]. За результат декодування приймаються такі еталони характерних фрагментів, котрі відрізняються від ковзної вибірки у мінімальному числі позицій, яке визначає кількість помилок та однозначно вказує рівень завадостійкості (табл. 1). Якщо результатом декодування являється лише один характерний фрагмент, який дозволено використовувати на встановленому рівні завадостійкості, то здійснюється корекція відповідних викривлень, і виконується перехід до кроку 8.
5. Якщо довжина ковзної вибірки складає $2n=8$, то алгоритм табличного декодування коду-добутку здатний лише виявляти факт присутності помилок, але не локалізувати їх місце

6. Реалізується табличне декодування ковзної вибірки як кодового слова коду-добутку шляхом підсумовування елементів кожного рядка відповідної таблиці: якщо отримана сума — додатна, усім елементам рядка привласнюється значення '+1', якщо вона — від'ємна, то значення '-1'. Коли ж одна чи декілька сум дорівнюють нулю, то корекція викривлень у відповідних рядках таблиці не виконується.



Таблиця 1

Оцінювання потрібного рівня завадостійкості

Номер рівня завадостійкості	Кількість припустимих помилок		
	довжина вибірки 2^n	при $2^n=8$	при $2^n=16$
I	$\leq 2^{n-3}-1$	$= 0$	≤ 1
II	$\leq 2^{n-2}-1$	≤ 1	≤ 3
III	$\leq 2^{n-2}-1$	≤ 1	≤ 3
IV	$\leq 2^{n-1}-1$	≤ 3	≤ 7

7. Обробка чергової ковзної вибірки завершується діадно-кореляційною ідентифікацією типу характерного фрагменту[4].
8. Інкримент номера J ковзної вибірки.
9. Перевірка щодо закінчення дельта-модульованої огиноючої.
10. Виконання формальної процедури завершального логічного аналізу з метою як усунення можливих неузгодженостей між результатами обробки послідовних ковзних вибірок (причому з уточненням типу їх характерних фрагментів і остаточних рівнів завадостійкості), так і деталізації розпізнавання локальних змінень дельта-модульованої огиноючої.

З метою реалізації формальної процедури заключного логічного аналізу дельта-модульованої огиноючої синтезується скінчений автомат, стани якого однозначно індиціюють характерні фрагменти довжини $2^n=4$.

Оскільки 16 запропонованих еталонів для 11 характерних фрагментів задаються різноманітними комбінаціями чотирьох параметрів A, B, C, D зі значеннями ‘ ± 1 ’ [3, 6], то такі комбінації доцільно використовувати у якості станів синтезованого автомата при їх ненадмірному кодуванні. Ліва частина табл. 2 ілюструє для різних типів огиноючої відповідність між її характерними фрагментами, однією чи двома комбінаціями (A, B, C, D) значень параметрів та станами F_m ($m=0, \dots, 7$) і Φ_s ($s=0, \dots, 7$) скінченого автомату.

У цілому табл. 2 визначає можливі переходи синтезованого автомата між його станами, причому черговий перехід здійснюється при надходженні наступного бінарного символу дельта-модульованої огиноючої. Цей символ вказується на перетині рядка і стовпця, які відповідають попередньому і подальшому станам автомата. При цьому у більшості випадків подальший стан отримується за допомогою зсуву попереднього ліворуч на один двійковий розряд;

використовувані з метою згладжування так звані переходи-виключення вказуються кожного разу окремо й відмічаються у табл. 2 за допомогою спецсимволів ‘ $\oplus$ ’ і ‘ $\ominus$ ’.

Для моделювання унімодальної положистої огинаючої достатньо 12 станів скінченного автомату, які відповідають 7 характерним фрагментам (відповідна частина табл. 2 окреслена пунктирною лінією). При імітації унімодальної огинаючої із загостреною вершиною необхідно додатково використовувати стан «Максимум» (розширена частина табл. 2 виділена штрих-пунктирною лінією). Моделювання бімодальної огинаючої потребує залучення стану «Мінімум», а також асоційованих з ним попереднього «Перепад-» і подальшого «Перепад +» станів.

Висновки. Запропоновано стратегію та реалізуючий її комплексний алгоритм корекції викривлень й ідентифікації характерних фрагментів дельта-модульованої огинаючої, який використовує у якості своїх складових частин такі алгоритми обробки окремої ковзної вибірки: спискового декодування групового коду із встановленням попереднього рівня завадостійкості, табличного декодування коду-добутку та діадно-кореляційного розпізнавання типу характерного фрагмента. Завершальний логічний аналіз всієї дельта-модульованої огинаючої за допомогою запропонованого скінченного автомату виконується з метою як уточнення результатів ідентифікації і остаточних рівнів завадостійкості, так і деталізації розпізнавання локальних змінень дельта-модульованої огинаючої.

Таблиця 2

Таблиця переходів автомата для розпізнавання локальних змінень огинаючої

Попередні	Подальші стани															
	F ₂	F ₃	Φ ₂	Φ ₆	F ₀	Φ ₀	Φ ₄	Φ ₃	Φ ₇	F ₁	Φ ₁	Φ ₅	F ₄	F ₆	F ₅	F ₇
F ₂		+														
F ₃	–		+													
Φ ₂				+												–
Φ ₆					+	–										
F ₀					+	–										
Φ ₀							+									
Φ ₄		–			⊕		+									
Φ ₃									–					+		
Φ ₇										–	+					
F ₁										–	+					

Φ_1												-			+	
Φ_5		+								□						
F_4									-					+		
F_6										□					+	
F_5				+												-
F_7					+								-			
$(+++)=F_0, (---)=F_1, (+-+)=F_2, (-+-)=F_3, (+-)=F_4, (-+)=F_5,$ $(+-)=F_6, (-++)=F_7, (+++)=\Phi_0, (---)=\Phi_1, (++)=\Phi_2,$ $(-+-)=\Phi_3, (++)=\Phi_4, (-+-)=\Phi_5, (-++)=\Phi_6, (---)=\Phi_7$																

ЛИТЕРАТУРА

1. Стил Р. Принципы дельта-модуляции. – М.: Связь, 1979. – 368с.
2. Погрибной В. А. Дельта-модуляция в цифровой обработке сигналов. - М: Радио и связь, 1990. – 216с.
3. Ханецкий В.С., Пащенко В.А., Матвеева Н.А. Коррекция искажений выборки, скользящей вдоль огибающей модуляционного импульса, с помощью табличного декодирования – Дефектоскопия, 2002, № 9, с. 53-72.
4. Ханецкий В.С., Пащенко В.А., Матвеева Н.А. Адаптивная к уровню помех идентификация характерных фрагментов огибающей измерительного импульса при помощи диадной свёртки. I. Распознавание типа характерного фрагмента посредством диадной корреляции – Дефектоскопия, 2002, №8, с.71-91.
5. Лосев В.В., Бродская Е.Б., Коржик В.И. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов. – М.: Радио и связь, 1988. – 224с.
6. Ханецкий В.С., Пащенко В.А., Матвеева Н.А. Коррекция искажений дельта-модулированных сигналов с помощью адаптивной Уолш-фильтрации – Автометрия, 2005, № 4, с. 40-54

Получено 11.11.2006

УДК 658.283.8

А.П. Пеньков

КАНАЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ЧЕЛОВЕК-ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

Актуальность. В литературных источниках по охране труда [1,3], экологии [2], безопасности жизнедеятельности [4] в описательной форме дается качественная оценка возможных способов взаимодействия человека с окружающей средой, вероятностные оценки экстремальных ситуации для человека.

Анализ известных исследований. В [6] сделана удачная попытка представления некоторых моделей человека при связи с окружающей средой. В [5] впервые рассмотрена система труда для обобщенного представления взаимодействия человека с окружающей средой при эволюции характера труда. При этом выделены «предмет труда» и «средства труда», их взаимодействие, влияние их изменения на человека.

Постановка задачи. Очевидна полезность использования «системы труда», Стр. ее основных подсистем «предмет труда» (пр. тр.) и «средства труда» (ср. тр.) для представления «что» и «чем» обрабатывается в системе «человек – окружающая среда». Также очевидна необходимость проявления и формализации объективно существующих путей связей «человек – окружающая среда». В практике современных системных специалистов для объединения в себе таланта ученого с искусством конструктора и деловыми качествами администратора.

Основная часть. В работе использован «системный подход» [7] описания взаимодействия человека со средой $S \text{ чел.} \leftrightarrow S_o.c.$ Анализ биокибернетики реальной деятельности человека в окружающей среде позволил выделить 8 «очевидных» однонаправленных и 5 «неочевидных» двунаправленных «каналов связей» «человек – окружающая среда». При этом каждому каналу дан статус самостоятельной «системы труда» - Стр. Это позволило обратить внимание на соответствующий «канальный» «предмет труда» и «средства труда». Также приняты во внимание эргономические требования [1,4] для обеспечения «оптимизации каналов» - «охраны

труда в каналах» при проективном подходе к их использованию в учебном процессе и практической деятельности инженеров - системотехников при объединении различных специалистов для совместной работы.

В приведенном фрагменте общей таблицы каналы связи «человек-окружающая среда» представлены с использованием трех обобщенных моделей:

- 1) кибернетической $S \text{ чел.} \leftrightarrow \text{So.c.}$;
- 2) системы труда Стр ;
- 3) системы охраны труда Soхр.тр.

Первая модель определяет формальное представление подхода к профессиональному анализу или самоанализу взаимодействия человека со средой.

Вторая модель представляет формализм трудового процесса Стр в каналах. При этом абстрактные «штатные образы» «средств труда» при обработке формализуют «исходные конкретные образы» «предметов труда» отдельных каналов и представляю их в виде «результатов труда».

Третья модель представляет систему «охраны» (оптимизации) Soхр.тр в канальных Стр с использованием «средств охраны труда» (ср. охр. тр.) в виде требований эргономики и методов формальной оптимизации систем. Очевидно, что при этом канальная Стр становится «предметом охраны труда» (пр. охр. тр.).

В представленном канале «1» рассмотрена последовательность подсистем Стр . «передачи сигналов светового диапазона» в координатах амплитуд A_c и частот F_c . При этом определены формализмы «средств труда» (ср. тр.) для соответствующих «предметов труда» (пр. тр.): «качества источника света»; «освещенности рабочего места»; «стандартизации видения на рабочем месте»; «естественного освещения рабочего места»; «искусственного освещения рабочего места»; «оптимизации естественного освещения»; «оптимизации искусственного освещения»; «качество общего освещения»; «оптимизация общего освещения».

В представленном канале «2» рассмотрена последовательность подсистем Стр . передачи сигналов низкочастотного (н/ч) диапазона в координатах амплитуд A_z и частот F_z . При этом определены

формализмы представления «ср. тр.» для соответствующих «пр. тр.»: «создания шумов»; «распространения шумов в среде»; «восприятия шумов человеком»; «анализа шумов»; «определение шумов на рабочем месте»; «оптимизация воздействия шумов на человека»; «снижения шума». Аналогично рассмотрены подсистемы Стр. для «инфразвука» и «ультразвука» («создание...», «восприятие...», «оптимизация...», «снижение...»).

В канале «З» рассмотрена последовательность подсистем передачи «сигналов» «тепла и температуры» в координатах амплитуд Ат и частот Ft. При этом, определены формализмы представления «ср. тр.» для соответствующих «пр. тр.» «метеоусловий» рабочего места: «создания теплового режима»; «оптимизация тепла»; «оперативной оценки тепла»; «защиты от теплового излучения»; «создания температурного режима»; «оптимизации температуры»; «оперативной оценки температур»; «защиты от температурного воздействия».

Предложенный «многоканальный формализм» связи «человек-среда» «отвлекает» от «личных ощущений», действует успокоительно на психику человека в конкретной «вопросительной» ситуации, позволяет «холодной логикой» оценить качественно и количественно очевидный (теперь уже) набор путей воздействия среды на сложную биосистему человека и наоборот. Из представленного очевидно, и из объективного опыта известно о комплексной реакции человека на действие среды. Но иногда трудно определить первопричину неблагоприятного воздействия среды на человека. В таком случае анализ событий во времени (теория цепей, ...) с использованием представленных «каналов» позволит формально определить основное, первое отрицательное воздействие среды на человека.

Вывод. Представленный «многоканальный формализм» связи «человек - среда» обеспечивает оперативное, объективное, независимое рассмотрение и оптимизацию системы «человек - среда» по соответствующим каналам с применением «конкретных канальных формализмов», их эффективной реализации в практической деятельности инженера – системотехника.

Таблица

Каналы связи «человек – окружающая среда»

Киберн. модель системы охраны труда	Модель системы труда	Модель
	Стр. приема зрительн. образов	Сохран. труда
Сч.орг.зрения←Сокр. среда	пр. тр. «конкретные зрительные образы» ↓ ср. тр. носитель – штатные образы в/ч колебаний светового диапазона Ас, Fс	пр. охр. тр. Стр. приема зрительных образов ↓ ср. охр. тр. - соответствующие требования эргономики - эталоны освещения
	Стр. приема слуховых образов	Сохран. труда
	пр. тр. «конкретные звук. образы» ↓ ср. тр. носитель – штатные образы н/ч колебаний слухового диапазона Аз, Fз	пр. охр. тр. Стр. приема звук. образов ↓ ср. охр. тр. - соответствующие требования эргономики - эталоны слух. обращения
	Стр. приема тепловых образов	Сохран. труда
Сч. рецепт. тепла←Сокр. среда	пр. тр. «конкретные образы тепла», t°C ↓ ср. тр. носитель – штатные образы подачи теплового излучения (н/ч колебания, о.с.) Ат ,Fт .	пр. охр. тр. Стр. Обработки тепловых образов ↓ ср. охр. тр. - соответствующие требования эргономики - эталоны тепл. образов

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобевник В.Ф. Охрана труда. – К.: Вища шк., 1990. – 286с.
2. Потапов А.Д. Экология. – М.: Высш. шк., 2002.-446с.
3. Основи охорони праці: Підручник. / За ред. К.Н. Ткачука.- К.: Основа, 2003.- 472 с.
4. Джигирей В.С., Жидецкий В.Ц. Безпека життєдіяльності. – Львів: Афіша, 2000. – 256 с.
5. Мардахаев А.А Охрана труда. История, теория, практика. – Львов: Вища школа., 1984. – 140 с.
6. Кассиль Г. Н. Внутренняя среда организма. М.: Наука, 1983. - 227 с.
7. Горохов В.Г. Методологический анализ системотехники. – М.: Радио и связь, 1982. – 160с.

Получено 14.11.2006 г.

УДК 621.373.42

Ю.М. Рибка

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ INTERNET-САЙТІВ З ВІДДАЛЕНИМ АДМІНІСТРУВАННЯМ

Постановка проблеми. Бурхливий розвиток Інтернет та швидке зростання обсягу різноманітної інформації буквально унеможливорює ефективно та повнокровне функціонування установ та компаній навіть середнього масштабу без наявності в них власних web-сайтів. Зазвичай, це – сукупність складних динамічних сторінок з великим обсягом текстових та графічних даних, таблиць, тощо. Типовим явищем також є інтеграція таких web-сторінок із базами даних (БД). Зважаючи на те, що великий обсяг інформації на таких сайтах потребує значних та частих редагувань, постає актуальною задача їх віддаленого адміністрування.

Аналіз останніх досліджень, невирішені проблеми. На даний час мається певна кількість розроблених Internet-проектів за даним напрямом (автор і сам особисто приймав участь у шести розробках), але ще не вироблено єдиних загальних рекомендацій щодо структури таких сайтів та вибору програмного інструментарію.

Постановка задачі. Метою даної роботи є розробка концепцій з проектування складних інформаційно-пошукових платформо-незалежних web-сайтів із віддаленим адмініструванням.

Основні результати. Технічні завдання на реалізацію таких проектів зазвичай мають наступні пункти: розробка графічного оформлення сайту, проектування структури БД, розробка web-інтерфейсу, розробка динамічних сторінок за системою “клієнт-сервер” для додавання, отримання та адміністрування змісту БД на клієнтському браузері, розміщення статичної інформації про компанію, введення системи в експлуатацію та розробка інструкції користувача.

Визначившись із цими умовами, розробляють структурну схему, відображаючи порядок розміщення інформації та загальний принцип роботи проекту.

Побудову таких вузлів можна виразити у вигляді трьох рівнів:

1) Відображення інформації. Інтерфейс проекту має бути зрозумілим та легким у використанні, а меню та елементи навігації – інтуїтивними. Форми пошуку та додавання інформації повинні бути максимально простими та схожими на звичайні форми з офісних програм. Також вони мають мати інтерактивну перевірку даних клієнтом, що допоможе заощадити час користувачів при формуванні параметрів пошуку або додаванні інформації.

2) Програмна частина. Майже усі сторінки проекту мають генеруватися у залежності від даних користувача. Цей рівень реалізації є інтерфейсом між клієнтським браузером і БД та відповідає за вибірку даних з бази, видачу їх клієнтові, одержання інформації від клієнта та зберігання її в БД. Мова програмування повинна мати простий та зрозумілий синтаксис, усі основні властивості сучасної мови високого рівня, а також мати добру підтримку обраної БД. Запити до БД повинні бути її простими функціями і вільно транслюватися. Сама БД повинна мати досить простий інтерфейс для можливості швидкого ручного редагування в разі виникнення проблем.

3) Апаратний частина. Сервер для розміщення проекту такого рівня має бути швидким, щоб дозволяти працювати програмам з обробки великих масивів даних та без затримок надавати інформацію клієнтові. Він також повинен відповідати умовам надійності, доступності, можливості модернізації, мати надійний захист від несанкціонованого доступу та бути багатозадачним.

Програмний комплекс, що керує роботою таких сайтів можна поділити на три частини:

1. Модуль селектора типу режиму роботи;
2. Підсистема "Запит користувача";
3. Підсистема "Запит адміністратора".

Перший модуль, зазвичай, реалізується на стартовій сторінці сайту і служить для реєстрації та вибору типу роботи (режим користувача / режим адміністратора).

Режим "Запит користувача" дозволяє отримувати необхідні дані від системи через формування запитів на пошук та перехід до відповідних (завчасно сформованих) розділів-сторінок.

Режим "Запит адміністратора" є основною частиною сайту. Він дозволяє виконувати усі основні дії по веденню БД. Після його

вибору проходить авторизація на права доступу для роботи із системою.

Усі сторінки в обох режимах мають бути модульними, а система меню в них – уніфікованою й однаковою.

Основну дію з обробки даних і представлення їх користувачеві можуть виконати два модулі. Перший – інтерфейс обробника даних, дозволить йому працювати з даними (уведення, редагування, перегляд, вибір і т.д.). Другий – обробник даних, виконає всі операції над даними, тобто, додавання, відновлення та вилучення записів у БД. Усі результати обробки даних передаються в інтерфейс обробника даних. Саме він працює з БД. Запит до бази виконується окремим модулем, на вхід якого поступає запит у вигляді, зручному для користувача, а на виході він дає запит у вигляді, зручному для сервера БД.

У зв'язку з тим, що при проектуванні таких систем постають вимоги до захисту від введення некоректної інформації, після модуля інтерпретації запитів до БД повинен працювати модуль перевірки на помилку. Це виконується на машині клієнта за допомогою введення в систему "обробника даних". Модуль проводить перевірку на відповідність типів та на заповнення обов'язкових полів. Після успішного проходження цього етапу запит поступає в БД.

Після відповіді сервера БД дані поступають на вхід модулю інтерпретування відповідей. Він передає вже інтерпретовані дані в модуль редагування. У ньому дані відображаються у вигляді таблиці, де для кожного запису є можливість перейти в режим корекції.

Таким чином, реалізований модульний підхід до проектування системи і функції редагування та видалення інформації поєднані. Після редагування система знов переходить у режим претрансляції запиту, після чого знов запускається модуль визначення запиту.

Структуру сайту доцільно робити максимально простою. Основна сторінка повинна мати головне меню, де користувач може заходити під своїм ім'ям у систему, реєструватись як новий користувач, або здійснювати коректний вихід із системи.

Сторінка додавання нового користувача містить форму для заповнення, де маються такі поля: ім'я для входу, пароль, що є обов'язковими для заповнення і поля для введення повного імені, а також електронної адреси. Після відправлення на сервер даних

відбувається перевірка на наявність такого імені для входу. У разі успішного додавання в базу можна здійснювати вхід на сайт.

Сторінка для авторизованого входу містить 2 поля для введення. Це ім'я для входу й пароль.

Зміна особистої інформації надає можливість поміняти дані, введені при реєстрації. Для зменшення навантаження на сервер передбачається виконання скрипту при наборі цієї інформації. Так, наприклад, при спробі зміни пароля, відсутності підтвердження чи пароля, його невідповідності старому паролю, видається попередження, що інформація ще не надходить на сервер. Це заощаджує час і трафік.

Якщо вхід на сайт здійснено одним з адміністраторів, то з'являється форма, де можна продивитися перелік зареєстрованих користувачів системи і, при бажанні, видалити їх і їхні бази. Це відбувається на рівні роботи із сайтом “на віддалі” і не вимагає яких-небудь спеціальних знань програміста.

Аргументацію вибору програмних інструментальних засобів для розробки таких проектів треба проводити, зважаючи на те, що їх реалізація не повинна залежати від програмних платформ.

При виборі бази даних аналізувались такі фактори, як швидкість, поширеність у хостерів (планується клієнт-серверне рішення, а хостери, зазвичай, ставлять оптимальні комплекти ПО), надійність, ціна. За всіма показниками ідеально підходить база даних MySQL.

При виборі мови програмування, а саме вона потрібна для динамічного створення сторінок, вибір був між Perl, PHP, ASP. Perl не підходить із-за складності інтеграції з HTML і важкою розширюваністю. ASP є розробкою фірми Microsoft, що спричиняє покупку ОС Windows. Залишається PHP, який, після розгляду всіх можливостей, виявився найбільш зручнішим для розробки. Доповненням до серверної мови, а саме такими є всі перераховані мови, необхідно також використовувати клієнтську мову програмування, але після вибору основних засобів, тут практично немає альтернатив, окрім JavaScript.

Вибір web-сервера був практично однозначний – Apache. Як найбільш безпечний, швидкий, і встановлений на, практично, усіх хостингах.

Висновки. Таким чином, в роботі розглянуто концепції проектування інформаційних платформонезалежних web-сайтів із віддаленим адмініструванням та подано рекомендації з вибору програмного інструментарію.

Получено 21.11.2006

АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗОНАНСНОГО ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Актуальность. Повышение чувствительности индуктивных (емкостных) датчиков к контролируемому параметру, расширение динамического диапазона измеряемой величины является актуальным при создании устройств измерения и контроля.

Анализ известных решений. В основу работы ряда приборов неразрушающего контроля с индуктивными (емкостными) датчиками положен Z-метрический метод, позволяющий определять приращение модуля комплексного сопротивления датчика, индуктивность (емкость) которого является элементом колебательного контура, расстроенного в пределах полосы пропускания относительно частоты питающего контур внешнего задающего генератора [1]. Устройства на основе Z-метра имеют невысокую чувствительность к контролируемому параметру [2]. Попытки повысить чувствительность за счет увеличения крутизны склона амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) контура неизбежно сопровождаются уменьшением динамического диапазона измерений [3].

Постановка задачи. Целью работы является анализ АЧХ резонансного делителя напряжения для обоснования возможности повышения чувствительности и расширения динамического диапазона измеряемого импеданса датчика.

Основная часть. Схема Z-метра (рис.1а) представляет собой частотно-зависимый делитель напряжения, состоящий из активного сопротивления R и LC-контура, расстроенного в пределах полосы пропускания относительно частоты колебаний задающего генератора. Здесь изменение выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ как функции импеданса LC-контура определяется крутизной склона его АЧХ. При этом динамический диапазон изменения импеданса контура ограничивается шириной АЧХ.

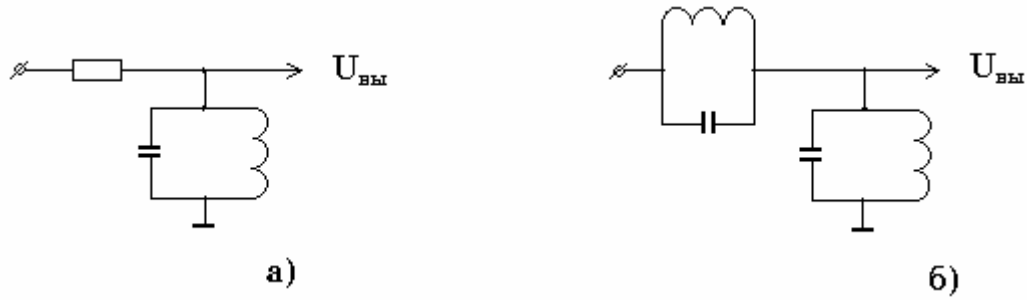


Рисунок 1 - Электрические схемы Z-метра (а) и резонансного делителя (б)

В схеме резонансного делителя напряжения вместо сопротивления R включен дополнительный колебательный контур L_1C_1 (рис.1б) с расстройкой, противоположной расстройке основного контура L_2C_2 .

Для схемы резонансного делителя напряжения (рис.1б) комплексный коэффициент передачи

$$K(j\omega) = \dot{Z}_2 / (\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2), \quad (1)$$

где $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2$ - импедансы контуров, которые соответственно равны

$$\dot{Z}_1 = \frac{r_1 + j\omega L_1}{j\omega C_1(r_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1)} \quad (2)$$

$$\dot{Z}_2 = \frac{r_2 + j\omega L_2}{j\omega C_2(r_2 + j\omega L_2 + 1/j\omega C_2)} \quad (3)$$

Обозначим

$$A_1 = \frac{\omega L_1}{r_1} \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{01}} \right)^2 \right] - \omega C_1 r_1; \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{\omega L_2}{r_2} \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{02}} \right)^2 \right] - \omega C_2 r_2; \quad (5)$$

$$B_1 = \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{01}} \right)^2 \right]^2 + \omega^2 C_1^2 r_1^2; \quad (6)$$

$$B_2 = \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{02}} \right)^2 \right]^2 + \omega^2 C_2^2 r_2^2; \quad (7)$$

где $\omega_{01} = 1/\sqrt{L_1C_1}$, $\omega_{02} = 1/\sqrt{L_2C_2}$ - резонансные частоты контуров, r_1, r_2 - активные сопротивления контуров. Найдём выражение комплексного коэффициента передачи резонансного делителя напряжения в виде

$$K(j\omega) = \frac{B_1[B_1 + B_2 + A_2(A_1B_2 + A_2B_1) + jB_2(A_2 - A_1)]}{(B_1 + B_2)^2 + (A_1B_2 + A_2B_1)^2}. \quad (8)$$

Амплитудно-частотная характеристика делителя определяется модулем коэффициента передачи

$$|K(j\omega)| = \frac{B_1 \sqrt{[B_1 + B_2 + A_2(A_1 B_2 + A_2 B_1)]^2 + [B_2(A_2 - A_1)]^2}}{(B_1 + B_2)^2 + (A_1 B_2 + A_2 B_1)^2}, \quad (9)$$

а фазо-частотная характеристика

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{B_2(A_2 - A_1)}{B_1 + B_2 + A_2(A_1 B_2 + A_2 B_1)}. \quad (10)$$

Для упрощения анализа считаем, что $L_1 = L_2 = L$, $r_1 = r_2 = r$. Качественный анализ выражения (9) показывает, что при $\omega_{02} < \omega_{01}$ зависимость $|K(j\omega)|$ имеет вид, приведенный на рис.2. С ростом частоты ω задающего генератора при $\omega = \omega_{02}$ наступает резонанс токов в параллельном контуре $L_2 C_2$ нижнего плеча делителя, при этом $|K(j\omega)| = 1$.

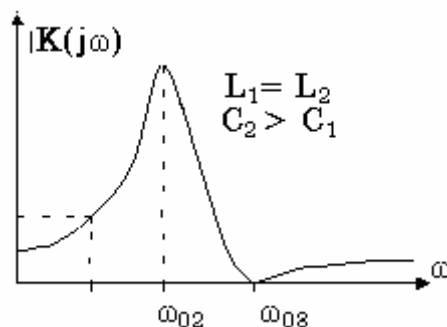


Рисунок 2 - Амплитудно-частотная характеристика резонансного делителя

При дальнейшем увеличении частоты ω в диапазоне $\omega_{02} < \omega < \omega_{01}$ импеданс верхнего контура $L_1 C_1$ еще сохраняет индуктивный характер, а импеданс контура $L_2 C_2$ уже становится емкостным, следовательно, резонансный делитель можно считать последовательным контуром с резонансной частотой $\omega_{03} = \sqrt{2/L(C_1 + C_2)}$. В таком последовательном контуре при $\omega = \omega_{03}$ наблюдается резонанс напряжений, вызывающий существенное увеличение $|K(j\omega)|$. Дальнейшее увеличение ω приводит к резонансу токов в контуре $L_1 C_1$ на частоте $\omega = \omega_{01}$, при этом $|K(j\omega)| \rightarrow 0$. Рабочими участками могут быть диапазоны частот $\omega_{03} < \omega < \omega_{01}$ или $\omega_{02} < \omega < \omega_{03}$, в которых протяженность и крутизна АЧХ определяются разностью частот ω_{03} и ω_{01} или ω_{03} и ω_{02} . По сравнению с Z-метром у резонансного делителя есть очевидное преимущество - резонансное усиление напряжения, т.к. в рабочем диапазоне $|K(j\omega)|$ преимущественно больше единицы. У Z-метра коэффициент передачи всегда меньше единицы.

Выражение (9) было протабулировано для значений $L = 12 \text{ мГ}$, $r = 10 \text{ Ом}$ и различных соотношений между C_1 и C_2 . На рис.3 представлены графические зависимости модуля коэффициента передачи $|K(j\omega)|$. Если датчик (индуктивный или емкостной) включить в качестве элемента нижнего контура L_2C_2 , то при его расстройке за счет увеличения L_2 или C_2 в случае $\omega_{02} < \omega_{01}$ (рис.3а), изменяется частота последовательного резонанса ω_{03} , максимум значения $|K(j\omega)|$, а также крутизна склонов характеристики. Здесь исходную частоту ω внешнего генератора следует выбирать из условия

$$\omega_{02} < \omega < \omega_{03}. \quad (11)$$

Тогда при уменьшении ω_{02} положительное приращение $|K(j\omega)|$ будет обусловлено двумя факторами - сдвигом характеристики влево и увеличением максимума значения $|K(j\omega)|$. В случае $\omega_{02} > \omega_{01}$ (рис.3б) целесообразно условие

$$\omega_{03} < \omega < \omega_{02}, \quad (12)$$

которое обеспечивает отрицательное приращение $|K(j\omega)|$ за счет сдвига характеристики влево и уменьшения максимума $|K(j\omega)|$.

Если датчик включен в верхний контур L_1C_1 и $\omega_{02} < \omega_{01}$ (рис.3в) максимальное приращение $|K(j\omega)|$ (с отрицательным знаком) будет при

$$\omega_{03} < \omega < \omega_{01}. \quad (13)$$

По аналогии, при $\omega_{02} < \omega_{01}$ частота ω должна быть

$$\omega_{01} < \omega < \omega_{03}. \quad (14)$$

Анализируя условия (11), (12), (13) и (14) для резонансного делителя можно сформулировать правила исходной настройки контуров. Если датчик включен в контур с меньшей резонансной частотой, то частота задающего генератора должна быть большей либо равной частоте контура с датчиком, при этом приращение $|K(j\omega)|$ будет положительным. Если датчик включен в контур с большей резонансной частотой, то частота задающего генератора должна быть большей либо равной частоте последовательного резонанса, при этом приращение $|K(j\omega)|$ будет отрицательным. Из зависимостей на рис. 3а,б,в следует также, что максимальная крутизна характеристики и наибольший динамический диапазон измерений наблюдаются при частотах, находящихся между частотой последовательного резонанса ω_{03} и частотой, при которой $|K(j\omega)|=0$.

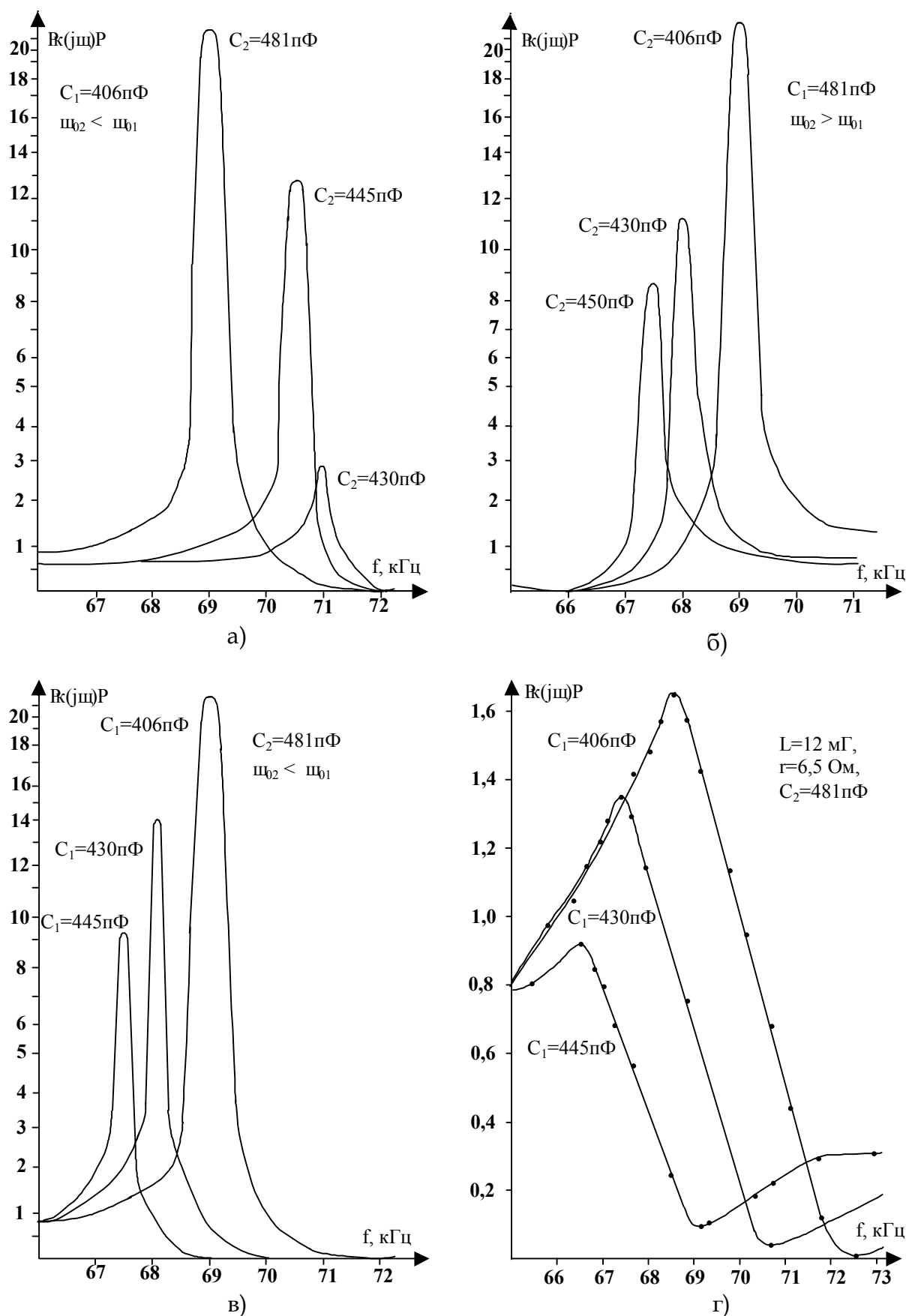


Рис. 3. Расчетные (а,б,в) и экспериментальные (г) амплитудно-частотные характеристики резонансного делителя.

На рис.3г приведены экспериментальные зависимости $|K(j\omega)|$, которые достаточно хорошо совпадают с расчетными данными по форме и значениям резонансных частот. Зависимости подтверждают наличие резонансного усиления, при котором $|K(j\omega)| > 1$. Уменьшение величин максимумов $|K(j\omega)|$ по сравнению с расчетными значениями объясняется шунтирующим влиянием выходного сопротивления задающего генератора.

Выводы. Анализ амплитудно-частотных характеристик резонансного делителя напряжения показал возможность реализации измерителя импеданса индуктивного (емкостного) датчика с высокой чувствительностью к контролируемому параметру при более широком динамическом диапазоне изменения импеданса датчика, чем у измерителей на основе Z-метра. Проведенный анализ позволил сформулировать правила взаимных расстроек контуров, составляющих резонансный делитель, которые позволяют выбрать необходимую чувствительность к контролируемому параметру и требуемый динамический диапазон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник / Под ред. Г.С. Самойловича. - .: Машиностроение, 1976. -456 с.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. Кн.2 / Под ред. В.В. Ключева. - .: Машиностроение, 1986, -352с.
3. Измерения в электронике. Справочник / Под ред. В.А. Кузнецова. - .: Энергоатомиздат, 1987. -512с.

Получено 21.11.06 г.

УДК 62-50

Бидюк П.И., Катеринич С.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Введение

Понятие мониторинга семантически означает осуществление непрерывного наблюдения за неким объектом. Наблюдение в свою очередь подразумевает отслеживание и фиксирование некоторых параметров (состояний) объекта. Однако в современном мире интеллектуальных технологий и автоматизации наблюдение как таковое все реже и реже встречается в виде реализации обособленного процесса. Автоматизация дала возможность использовать мониторинг в качестве инструмента систем поддержки и принятия решений (СППР) [1]. Таким образом, интеллектуализация мониторинга трансформировала его из пассивного наблюдения в процесс интерактивного взаимодействия с оператором и объектом наблюдения.

Тогда понятие мониторинга (автоматизированного) можно определить как систему организационно-технических мер и процедур, направленных на решение задач непрерывного наблюдения за состоянием (поведением) некоторой системы, анализа и классификации состояний системы и принятия некоторого решения по результатам классификации.

Если рассматривать мониторинг как систему наблюдения с последующим анализом и выработкой некоторого решения, то использование данного элемента в автоматизированных системах можно расценивать как внедрение инструмента контроля [2]. В зависимости от конкретного предназначения технической системы (ТС), объектом контроля, соответственно, может являться:

- 1) либо сама система, т.е. оператора интересует текущее поведение системы, при котором, например, состояние системы не должно выходить за некоторые допустимые рамки;
- 2) либо внешний процесс, за поддержку которого ответственна данная ТС. При этом она может являться неотъемлемой составляющей данного процесса (например, системы

процессинга операций по платежным карточкам) либо надстройкой, выполняющей функции аккумулярования и обработки данных о процессе (например, ПО поддержки торговых операций на биржах). Однако и надстройка, и составляющий элемент несет в себе информацию о процессе, что по сути определяют их как отражение данного процесса либо части процесса, в рамках которого имеется интерес осуществлять мониторинг.

Таким образом, техническая система либо как таковая, либо как отражение процесса является объектом мониторинга. Поэтому имплементация в систему процесса мониторинга по сути является организацией автоматизированного самоконтроля системы. Безусловно, такой механизм самоконтроля может и должен включаться в систему общего контроля функционирования ТС и взаимодействовать с соответствующими экспертами, вовлеченными в систему общего контроля [2].

Необходимость решения задачи мониторинга процессов обусловлена объективными причинами, которые определяются присутствием в любой системе (1) фактора риска непредвиденных ситуаций и (2) необходимости своевременного принятия решений.

Фактор риска непредвиденных ситуаций непосредственно связан с различными аспектами сложности. Теоретический аспект включает в себя сложность системы и предметной области, в которой функционирует данная система, на этапе проектирования и разработки данной системы. Практический аспект сложности связан с особенностями практической реализации системы. Одновременно эти же составляющие делают крайне затруднительной работу экспертов, ответственных за сопровождение данной системы, из-за больших объемов анализируемой информации. Это в свою очередь определяет необходимость автоматизации процесса мониторинга.

Необходимость своевременного принятия решений является ключевой в вопросе о разработке системы вообще, т.к. именно в этом и заключается цель большинства СППР. В результате интегрирования мониторинга в функциональность системы наблюдается увеличение уровня сложности данной системы. Таким образом, сложность системы рождает необходимость организации мониторинга как элемента данной системы, а мониторинг в свою

очередь требует расширения спектра автоматически принимаемых решений, закладываемых в данную систему. В итоге получаем замкнутую цепь взаимосвязей между такими характеристиками и элементами системы, как сложность системы, спектр автоматически принимаемых решений и функция самоконтроля системы. Разрастание каждой из этих элементов стимулирует рост двух других. Так перед проектировщиком встает задача разработки наиболее оптимального проекта системы с позиции затрат на реализацию, поддержку и функционирование системы. Таким образом, внедрение мониторинга как элемента самоконтроля системы требует дополнительного анализа всего проекта с позиции системного подхода.

Постановка задачи мониторинга операций по платежным карточкам

При автоматизации процесса мониторинга наиболее часто используются экспертные знания о предметной области, которые сводятся к набору правил анализа ситуации и принятия решений. Поскольку фактор риска связан с различными видами сложности [2], а соответственно и неопределенности, то для анализа риска удобно использовать вероятностные инструменты, одним из которых являются байесовские нейронные сети (БНС).

В частности, для мониторинга мошеннических операций [3,4,5,6] с платежными карточками реализация системы на основе моделирования с помощью БНС расширяет возможности анализа рисков мошенничества.

Для начала определим понятие риска в данной предметной области. Под мошеннической операцией понимают любую операцию по платежной карточке, осуществленную мошенниками с целью нанесения ущерба держателю данной карточки либо банку-эмитенту, либо торговой точке, в которой был приобретен товар/услуги в результате данной операции. Неопределенность относительно того, является ли данная операция мошеннической либо правомерной, определяет риск мошеннических операций. В зависимости от вида мошенничества данный риск может описываться различными сочетаниями вероятности мошенничества и ущерба.

Для каждого банка наиболее актуальной является задача определения статуса операции по карточкам его клиентов (операции по эмиссии), особенно категории VIP. Это определяется

особенностями данных операций по сравнению с операциями по эквайрингу, т.е. операциями по карточкам в торговых точках, которые обслуживаются данным банком. В случае мошенничества по эквайрингу ответственность за данные операции достаточно легко перекладывается на торговую точку, при этом потери банка являются незначительными в большинстве случаев. В то же время ответственность за компенсацию ущерба от операций по эмиссии обычно возлагается либо на картодержателя (а значит, у банка возникают проблемы, как заставить клиента выплатить данную компенсацию) либо делится между картодержателем и банком.

Ущерб от мошеннических операций определяется суммами данных операций и затратами на расследование и ведение работ по опротестованию данных операций.

Как показывает опыт работы по противодействию мошенничеству, у большинства картодержателей вырабатывается своего рода паттерны использования платежных карточек. Т.е. в зависимости от личного опыта обращения с карточками у клиентов появляется склонность к осуществлению тех или иных видов операций, на те или иные суммы, в то или иное время суток и т.д. Следовательно, между конкретными значениями таких параметров операции, как сумма, время, вид товара, количество операций в день и др., устанавливаются вероятностные взаимосвязи, отличные от случайного распределения вероятностей. При этом мошеннические операции также имеют свой «рисунок» взаимосвязей. Как результат, данные взаимосвязи могут быть объектом моделирования с помощью вероятностных инструментов.

Таким образом, главную задачу системы мониторинга на основе поведенческих характеристик можно сформулировать следующим образом.

Пусть получен авторизационный запрос, содержащий n полей, инициированных в соответствии с характером текущей операции:

$\bar{X} = \{X_1 = X_1; \dots; X_n = X_n\}$ – конкретная инициализация текущим наблюдением набора полей (переменных) авторизационного запроса;

X_i – i -ое поле авторизационного запроса;

X_i – конкретное значение, которое присваивается полю X_i в текущем авторизационном запросе.

Пусть за определенный период была накоплена база данных D , в которой каждому авторизационному запросу поставлено в соответствие значение 0 или 1 в зависимости от того, была ли операция санкционированной или мошеннической:

$$D: \bar{X} \rightarrow Fraud \in \{0;1\}.$$

Необходимо оценить вероятность конкретного вида мошенничества по факту получения авторизационного запроса на проведение операции с платежной карточкой либо оценить вероятность того, что данная операция характерна для картодержателя:

$$P(Fraud = 1 | \bar{X} = \bar{X}).$$

Как и в большинстве технических систем, каждое наблюдение базы данных D описывается определенным набором параметров (в данном случае – полей авторизационного запроса). При этом все из них имеют конкретные значения, т.е. нет пропущенных данных. В таких условиях, применяя вероятностный вывод в БНС, можно вычислить вероятность получения данной операции. При установлении порога доверия достаточно легко реализовать отбор подозрительных операций.

Одним из достоинств системы на основе БНС является возможность получения графического изображения модели причинно-следственных связей между параметрами операций, т.е. «рисунка» взаимосвязей. Данная графическая интерпретация результатов моделирования позволяет эксперту проводить анализ процесса использования платежных карт. При разбиении карточек на группы, обучение БНС на операциях конкретной группы дает на выходе модель поведенческих характеристик картодержателей данной группы. При этом система автоматически выявляет зависимости, существенные с точки зрения вероятностей, описываемых накопленной базой операций. На эксперта возлагается задача логического описания выявленных взаимосвязей с использование информации о психологическом портрете данной группы.

Совместная реализация в системе методов обучения и адаптации БНС позволяет повысить эффективность применения данного инструмента моделирования.

Применение вероятностного вывода для задачи мониторинга

Рассмотрим пример реализации мониторинга мошеннических операций с помощью байесовской нейронной сети. В качестве предметной области будет выступать система оборота платежных карточек. Организация работы по предотвращению мошеннических операций по платежным карточкам является обязательным требованием международных платежных систем, контролирующих карточное обращение (в частности, Visa International [3, 4, 5] и MasterCard International [6]). Поэтому функционирование процессинговых центров банков требует от членов платежных систем внедрения on-line мониторинга операций по платежным карточкам. В процессинговый центр поступают авторизационные запросы на проведение той или иной операции по карточке. Каждый запрос имеет строго определенную структуру, включающую ряд полей, содержащих информацию о данной транзакции.

Пусть система мониторинга в результате первичной обработки каждого очередного запроса накапливает собственную базу наблюдений. Каждое наблюдение содержит n полей. Предположим, что поле с номером n отвечает за характеристику, является ли данная операция мошеннической или нет, т.е. переменная, соответствующая данному полю, относится к булевому типу:

$$X_n \equiv Fraud.$$

Поставим в соответствие каждому полю дискретную переменную X_i , при этом будем полагать, что предварительная обработка запросов реализует дискретизацию для полей с непрерывными значениями, например, сумма операции.

X_i – конкретное значение, которое присваивается переменной X_i в конкретном наблюдении.

$\bar{X} = \{X_1 = X_1; \dots; X_{n-1} = X_{n-1}\}$ – конкретная инициализация текущим наблюдением набора переменных.

Пусть система мониторинга обучила байесовскую нейронную сеть на основе накопленной базы наблюдений. При получении очередного авторизационного запроса перед системой ставится задача определить вероятность того, что данная операция является мошеннической. В математической форме данная задача формулируется как необходимость вычисления вероятности того, что переменная $Fraud$

принимает значение 1 при условии, что остальные переменные $\bar{X}$ проинициализированы набором значений $\bar{\mathbf{X}}$:

$$P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}).$$

Запишем данное выражение с помощью формулы условной вероятности:

$$\begin{aligned} P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) \cdot P(\bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) &= P(Fraud = 1; \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) \\ P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) &= \frac{P(Fraud = 1; \bar{X} = \bar{\mathbf{X}})}{P(\bar{X} = \bar{\mathbf{X}})} \end{aligned}$$

Введем переменную I , обозначающую набор индексов переменных X_i , в множество узлов-предков $pa(X_i)$ которых входит узел $Fraud$:

$$I = \{i : Fraud \in pa(X_i)\}, i \in \{1; \dots; n\}.$$

Далее будем использовать свойство байесовской нейронной сети касательно декомпозиции совместного распределения вероятностей: совместная вероятность равна произведению условных вероятностей по каждому узлу, при этом условная вероятность для отдельного узла обуславливается только набором узлов-предков данного узла.

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i \mid pa(X_i)).$$

Тогда получаем следующее:

$$\begin{aligned} P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) &= \\ &= \frac{\prod_{i \in I} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{\text{Fraud}=1} \times \prod_{i \notin I} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{\text{Fraud}=1}}{\prod_{i \in I} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \times \prod_{\substack{i \notin I \\ i \neq n}} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i))} \end{aligned}$$

Как видно, второе произведение числителя отличается от второго произведения знаменателя только индексом $i \neq n$, что позволяет их сократить, оставив в числителе только элемент произведения для $i = n$, т.е. для узла $Fraud$:

$$\begin{aligned} P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) &= \\ &= \frac{\prod_{i \in I} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{\text{Fraud}=1} \times P(Fraud = 1 \mid pa(Fraud) = \mathbf{pa}(Fraud))}{\prod_{i \in I} P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i))}. \end{aligned}$$

В полученном выражении знаменатель содержит произведение элементов, каждый из которых содержит условную вероятность от инициализации узлов-предков. При этом в набор узлов-предков входит переменная $Fraud$, не инициализированная для знаменателя. Однако события $\{Fraud = 1\}$ и $\{Fraud = 0\}$ являются непересекающимися и образуют полную группу событий. Поэтому можно привести последнее выражения к следующему виду:

$$P(Fraud = 1 | \bar{X} = \bar{X}) =$$

$$= \frac{\prod_{i \in I} P(X_i = \mathbf{X}_i | pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{Fraud=1} \times P(Fraud = 1 | pa(Fraud) = \mathbf{pa}(Fraud))}{\prod_{i \in I} \left\{ \sum_{k=\{0,1\}} P(Fraud = k | pa(Fraud) = \mathbf{pa}(Fraud)) \cdot P(X_i = \mathbf{X}_i | pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{Fraud=k} \right\}}.$$

Данная формула является конечной для вычисления вероятности мошенничества по конкретной операции. При формальном подходе, превышение 50-процентного порога свидетельствует о возможном мошенническом характере текущей операции. Однако с учетом того, что база данных может быть не достаточно презентативной в силу отсутствия всех возможных вариантов наблюдения в количестве, адекватно отражающем реальное распределение, данный порог может смещаться в сторону увеличения как поправка на неполноту информации.

Анализ формулы вероятностного вывода для задачи мониторинга

Рассмотрим формулу вероятностного вывода для задачи мониторинга более детально. В общем случае, можно выделить три группы узлов сети, включенных в данную формулу.

Как видно из структуры индексов операторов произведения числителя и знаменателя, непосредственное влияние на значение $P(Fraud = 1 | \bar{X} = \bar{X})$ оказывают узлы сети, включенные в набор индексов I . По определению, это те узлы, в множество узлов-предков которых входит узел $Fraud$. То есть узлы, непосредственно зависящие от узла $Fraud$. Это первая группа.

Рассматривая условные части условных вероятностей числителя и знаменателя, можно заключить, что в вычисления включены узлы-предки $pa(X_i)$ тех узлов X_i , которые являются непосредственными наследниками узла $Fraud$. Это вторая группа.

И, наконец, в третью группу включены узлы, которые являются непосредственными предками узла *Fraud*, что следует из условной части условной вероятности $P(Fraud = 1 | pa(Fraud) = \mathbf{pa}(Fraud))$.

В отличие от общего случая, логика узла *Fraud* такова, что данный узел является определяющим относительно характера операции с платежной карточкой. То есть данный узел является корневым и, как результат, не имеет непосредственных узлов-предков. Тогда определяющими становятся узлы первой и второй группы.

Ниже приведен конкретный пример [7], в котором моделирование осуществлялось на следующем наборе параметров операций.

Таблица №1

Перечень и описание полей базы данных, поставленных в соответствие параметрам операций с платежными карточками

Название поля базы данных	Количество возможных значений переменной, соответствующей данному полю	Логический смысл значения данного поля
FRAUD	2 возможные значения	Определяет, является ли данная операция мошеннической.
DAYSBEFO	8 возможных значений	Определяет количество дней между данной операцией и предыдущей.
ACCNT_AMT	6 возможных интервалов сумм	Определяет сумму текущей операции.
SPENT_AM	6 возможных интервалов сумм	Определяет общую сумму всех операций за текущий день.
TRAN_CCY	5 возможных значений	Определяет код валюты, в которой совершена текущая операция.
MCCCLASS	10 возможных значений	Определяет код вида деятельности торговой точки, в которой осуществлена текущая операция (т.е. то, какой товар/услугу предоставляет данный предприниматель).
CITY	10 возможных значений	Определяет город, в котором совершена данная операция.
COUNTRY	4 возможные значения	Определяет страну, в которой совершена данная операция.

Ниже приведена графическая интерпретация результатов моделирования на вышеуказанном наборе переменных [7].

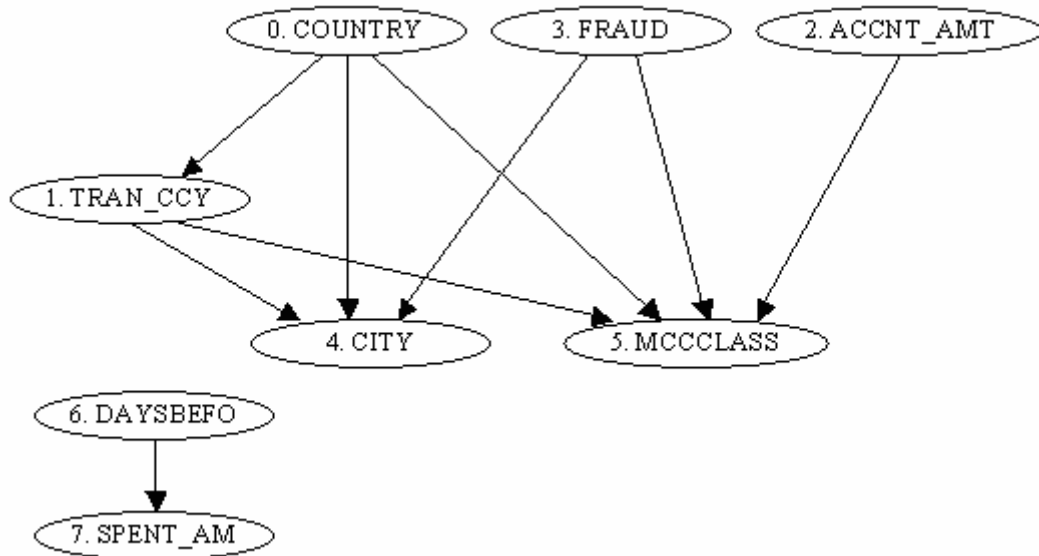


Рисунок 1 - Графическая интерпретация структуры сети

Как видно из рис.1, формула вероятностного вывода будет включать только первую и вторую группы узлов.

Первая группа включает 2 узла: CITY и MCCCLASS.

Вторая группа состоит из 4 узлов: TRAN_CCY, COUNTRY, FRAUD, ACCNT_AMT.

При этом видно, что вторая группа определяется узлами, входящими в состав первой группы. Поэтому в данном случае формула вероятностного вывода имеет достаточно простой вид:

$$I = \{CITY; MCCCLASS\}$$

$$pa(CITY) = \{TRAN_CCY = n_1; COUNTRY = n_0; FRAUD = 1\}$$

$$pa(MCCCLASS) = \{TRAN_CCY = n_1; COUNTRY = n_0; FRAUD = 1; ACCNT_AMT = n_2\}$$

n_i – значение i -ого поля для текущей операции. При этом значение для узла *Fraud* переопределяется в знаменателе в зависимости от индекса суммирования.

$$\begin{aligned}
 P(Fraud = 1 \mid \bar{X} = \bar{\mathbf{X}}) &= \\
 &= \frac{P(CITY = n_4 \mid pa(CITY)) \times P(MCCCLASS = n_5 \mid pa(MCCCLASS)) \times P(Fraud = 1)}{\prod_{i \in I} \left\{ \sum_{k \in \{0,1\}} P(Fraud = k) \cdot P(X_i = \mathbf{X}_i \mid pa(X_i) = \mathbf{pa}(X_i)) \Big|_{Fraud=k} \right\}}.
 \end{aligned}$$

Понятно, что данный подход является приемлемым для случая, когда БНС построена по базе наблюдений, которая представляет оба класса операций: как санкционированные, так и мошеннические.

Однако обучение БНС в условиях отсутствия мошеннических операций гарантирует в результате получение такой модели, в которой узел *Fraud* не будет связан с другими узлами. Подобную ситуацию достаточно просто встретить на начальном этапе сбора наблюдений, когда база данных еще начинает формироваться. Тогда сам инструмент БНС утрачивает смысл классификатора как такового, т.к. настройка БНС ведется только на класс санкционированных операций. Следовательно, формулировка задачи мониторинга в терминах условной вероятности не имеет практического значения.

Тогда в качестве возможного варианта можно рассматривать следующий подход, при котором используется БНС, обученная по базе наблюдений санкционированных операций. Для текущей структуры БНС выбираются характерные представители санкционированных операций. Из них может выбираться представитель, наиболее схожий с текущей операцией, которую нужно оценить. Выдвигаются 2 гипотезы. Первая – о том, что в последний момент пришла операция, подлежащая оценке. Вторая – о том, что в последний момент пришла операция, аналогичная характерному представителю санкционированных операций. Соответственно каждой гипотезе, виртуально формируются 2 БНС как результат адаптации вероятностной составляющей текущей БНС к одной и другой гипотезе. После этого вычисляется значение функционала качества K_2 для обеих БНС и сравнивается его «отрицательный» прирост относительно значения функционала качества K_2 для БНС, имеющейся на текущий момент (с увеличением наблюдений в базе значение функционала уменьшается). Как показывает эксперимент, абсолютный прирост в случае характерных операций в среднем в 2 раза меньше, чем прирост при нехарактерных операциях.

Выводы

Таким образом, внедрение систем мониторинга является объективно обусловленной необходимостью, и реализация данных систем на основе байесовских нейронных сетей способна решить основные задачи мониторинга такие, как наблюдение, анализ, классификация и принятие решения.

Использование алгоритмов обучения и адаптации позволяет повысить эффективность данной реализации. Вероятностный вывод обеспечивает решение задачи классификации и дает базу для дальнейшего принятия решений. Графическая интерпретация позволяет экспертам контролировать функционирование системы мониторинга и предоставляет агрегированную информацию для более специфического анализа.

Подобные системы могут использоваться в качестве реализации как post-action подхода (анализ и обработка производятся после происшедшего события), так и pro-action (блокирование нежелательных операций по результату предварительного анализа).

Безусловно, данные системы ни чуть не умаляют роли экспертов в системе общего контроля. Подобная автоматизация имеет своей целью повышение эффективности работы экспертов и напрямую зависит от их знаний, хотя и в меньшей степени, чем системы других видов.

В дальнейшем планируется уточнение процедуры вероятностного вывода и практическое внедрение в сфере банковского бизнеса.

Литература

1. Heckerman D. A tutorial on learning Bayesian networks. Technical report MSN-TR-95-06. – Microsoft Research, Advanced Technology Division. – 1995. – 52 p.
2. Антонов А.В. Системный анализ. Учебник для ВУЗов. – М.: Высш. Школа, 2004. – 454 с.
3. Visa International Operation Regulations. Volume I – General Rules. – San Francisco: Visa International Inc., USA. – 2002. – 692 p.
4. Visa Regional Operation Regulations. Visa CEMEA. – San Francisco: Visa International Inc., USA. – 2002. – 212 p.
5. Issuer Fraud Management Best Practices. – San Francisco: Visa International Inc., USA. – 2000. – 189 p.
6. MasterCard Bylaws and Rules. – Waterloo: MasterCard International Inc., Belgium. – 1999. – 295 p.
7. Метод адаптації байєсівської нейронної мережі на основі алгоритму К2 / Бідюк П.І., Катеринич С.А. // Наукові вісті „КПІ”. – 2006. – № 4. – С. 98–106.

Получено 20.11.2006 г.

АНАЛИЗ ГИПОТЕЗЫ ФАЗОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЛУХОВОГО РЕЦЕПТОРА

1. Введение. Постановка задачи

Современное состояние теории и практики активной защиты речевого канала утечки конфиденциальной информации на границе зоны безопасности выделенных помещений характеризуется отсутствием комплексного подхода к решению проблемы анализа информационных и идентификационных составляющих речевого сигнала (РС) [1].

При создании различных систем распознавания и контроля доступа широко [2] применяются методы идентификации субъекта по голосу. Большинство этих систем применяют традиционные методы анализа параметров и характеристик речевого сигнала (РС): анализируется девиация амплитудного спектра мощности в "критических" либо формантных полосах частот; в процессе анализа идентифицируются параметры, удовлетворяющие требованию стационарности на интервале времени идентификации; осуществляется первичная обработка РС, удовлетворяющая требованиям точности и полноты распознавания. Сравнительно недавно было установлено, что слуховая система оценивает фазовые отношения спектральных составляющих РС. Поэтому актуальным, в части определения информационной составляющей РС, является вопрос исследования фазовой чувствительности слухового рецептора. Актуальность данного вопроса подтверждается регулярными докладами на международных акустических конференциях и публикациями в периодических журналах [3] по направлению психоакустики слуха. Исследованием вопроса фазовой чувствительности слуха занимались многие ученые: фонетики и психоакустики, однако теория фазовой чувствительности слухового рецептора ещё не предложена. Одна группа авторов объясняет информационную чувствительность слуха только с позиции анализа амплитудного спектра мощности [4,5], представители другой группы [6,7], подвергая сомнению исключительно амплитудную

чувствительность слуха, делает выводы о частичной, либо полной информационной фазовой чувствительности.

С целью выявления, дополнительных к существующим зависимостям, идентификационных и информационных параметров РС, проведем физико – физиологический анализ гипотезы фазовой чувствительности слухового рецептора с позиции оценки влияния девиации фазы гармонических спектральных компонентов РС на процесс их преобразования и идентификации физиологическими органами слуха.

2. Материалы и методика исследований

При проведении функционального анализа работы слухового рецептора необходимо отметить, что внутренне ухо представляет собой замкнутую гидродинамическую систему, состоящую из трех спиральных акустических волноводов А (преддверной лестницы), В (перегородки улитки) и волновод С (барабанной лестницы). В связи с тем, что волновод С, как мы далее увидим, принимает активное участие в работе рецептора только во время переходных процессов информационной адаптации, на данном этапе анализа рассмотрим процессы преобразования сигналов в волноводах А и В, которые заполнены жидкостями - перилимфой и эндолимфой, соответственно, с различными [8] физическими (вязкость, объемная плотность) и химическими (концентрация ионов натрия и калия) параметрами. В части различия физических параметров следует обратить внимание на отличие в групповой скорости звука: $v_p = 1500$ м/с – в перилимфе и порядка $v_e = 50$ м/с в эндолимфе [9], которая уменьшается от 50 до 1,5 м/с в направлении от овального окна к геликотреме. Из этого следует, что эндолимфа является акустически более вязкой средой, чем перилимфа, а показатель преломления перехода перилимфа – эндолимфа $n_{pe} = \frac{v_p}{v_e} \gg 1$. Изменение скорости звука в эндолимфе указывает на нелинейность дисперсии частотных составляющих акустического волнового пакета, распространяющегося вдоль мембраны Рейснера.

Представим физическую модель улитки внутреннего уха с позиции волновой акустики как два спиральных волновода А и В, которые разделены мембраной Рейснера. На этом этапе анализа модели примем ограничение, что физические параметры границы

раздела (мембраны Рейснера) не влияют на параметры и характеристики физических процессов в данной модели. Волновод А с одной стороны, ограничен овальной стенкой из материала кости улитки, с другой – плоской мембранной Рейснера. Радиусы кривизны внутренней r_1 и внешней r_2 стенок различны $r_1 < r_2$ и уменьшаются к вершине (геликотреме) улитки. Скорость акустических волн в костной ткани составляет $v_k = 1572$ м/с, больше, чем в перилимфе, а показатель преломления перехода перилимфа – костная ткань

$$n_{kp} = \frac{v_p}{v_k} < 1.$$

Рассмотрим физические процессы распространения, преломления и преобразования информационного сигнала
$$Si(\omega, t) = \sum_{i=1}^n A_i \sin[\omega_i t + \varphi_i(t)],$$

состоящего из n спектральных составляющих, в слуховом рецепторе в режиме малого сигнала, без учета изменения геометрии физиологических органов, приводящих к нелинейным преобразованиям информационного сигнала. Сигнал $Si(\omega, t)$ сквозь овальное окно внутреннего уха возбуждает в перилимфе плоскую акустическую волну, которая падает на мембрану Рейснера под углом α_1 . Высокочастотная i -ая мода (частотная составляющая с несущей частотой ω_i) волнового пакета, для которой выполняется условие преломления $\sin \alpha_1 = n_{pe} \sin \alpha_2$ (α_2 – угол преломленного луча), проникает в волновод В и взаимодействует с физиологическими органами основной мембраны. Физическую модель её взаимодействия рассмотрим ниже.

Отразившиеся низкочастотные моды распространяются вдоль акустического волновода А по спирали относительно его оси, образуя максимумы суперпозиций мод. Можно предположить, что эти максимумы образуют “критические полосы слуха”, число которых и расположение вдоль оси волновода А субъективно, т.к. зависит от конкретных геометрических и физических параметров веществ улитки, перилимфы и эндолимфы. Акустическое давление низкочастотных мод при их распространении к вершине улитки возрастает пропорционально уменьшению площади поперечного сечения волновода А от овального окна к геликотреме. Этим, на данном этапе анализа, можно объяснить повышенную

чувствительность уха к низкочастотным спектральным составляющим информационного сигнала.

Теория слухового восприятия [8] утверждает, что физиологическое строение улитки определяет тонотопическое разделение сигнала волнового пакета $Si(\omega, t)$ на n спектральных составляющих $Si_i(\omega_i, t), i \in n$ вдоль плоской спирали, которую образует базилярная мембрана.

Проведем анализ процессов распространения, взаимодействия и преобразования спектральных составляющих информационного сигнала $Si(\omega, t)$ с физиологическими органами основной мембраны (перегородки) улитки. Выделим участок основной мембраны протяженностью $\Delta x_i \rightarrow 0$ перпендикулярный осям волноводов А и В, содержащий один ряд внешних волосковых клеток (ВНК) и, соответствующие ему внутренние волосковые клетки (ВВК). В начальный момент времени t_0 (отсутствие сигнала $Si(\omega, t)$) внутренние физиологические органы перегородки улитки неподвижны (либо слабо флуктуируют под действием внутренних шумов организма, которые не имеют информационной составляющей). В течение времени распространения tr волнового пакета $Si(\omega, t)$ по акустическому волноводу А его спектральные составляющие $Si_i(\omega_i, t)$ преломляются в объем основной мембраны. Они воздействуют в пределах участка x_i на текторальную (покровную) мембрану с силой, которая пропорциональна амплитудному спектру мощности сигнала $Si_i(\omega_i, x_i, t)$. Текторальная мембрана, вследствие своей высокой подвижности, воздействует на ВВК, ВНК, орган Корти и базилярную мембрану. В связи с тем, что базилярная мембрана не имеет нервных окончаний и обладает резонансными свойствами [10], её участок x_i будет совершать вынужденные поперечные пространственные колебания $\Omega b_i(x_i, t)$ с собственной резонансной частотой $\omega^b_i(x_i)$, которая, в общем случае, субъективна и может точно не совпадать с несущей частотой ω_i спектральной составляющей волнового пакета. Вынужденные поперечные колебания участка базилярной мембраны можно описать уравнениями колебаний струны, закрепленной с обоих концов. Поперечные смещения струны $\Omega b(x_i, t)$ удовлетворяют одномерному волновому уравнению:

$$\frac{\partial^2 \Omega b_i(x_i, t)}{\partial x_i^2} - \frac{1}{Cb(\omega_i)^2} \frac{\partial^2 \Omega b_i(x_i, t)}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где $Cb(\omega_i)$ - фазовая скорость спектральной составляющей $Si_i(\omega_i, x_i, t)$ в веществе базилярной мембраны.

Начальные а) и краевые в) условия уравнения (1):

$$a) \Omega b(x_i, 0) = \Omega b_0(x_i); \frac{\partial \Omega b}{\partial t} \Big|_{t=0} = \omega^b_{0i}(x_i); (0 \leq x_i \leq Lb_i),$$

$$b) \Omega b(0, t) = 0; \Omega b(Lb_i, t) = 0,$$

где Lb_i - ширина базилярной мембраны на участке x_i .

Решение уравнения (1) представляется в виде суммы гармонических стоячих волн, возбужденных с заданными начальными условиями:

$$\Omega b_i(x_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_{k_i} \cos \frac{k\pi Cb(\omega_i)}{Lb_i} t + b_{k_i} \sin \frac{k\pi Cb(\omega_i)}{Lb_i} t \right) \sin \frac{k\pi}{Lb_i} x_i, \quad (2)$$

где коэффициенты a_{k_i} и b_{k_i} определяются разложением в ряд Фурье начальных условий $\Omega b_0(x_i)$ и $\omega^b_{0i}(x_i)$, соответственно. Субъективные несовпадение частот пространственных колебаний $\Omega b_i(x_i, t)$ с собственной резонансной частотой $\omega^b_{i_i}(x_i)$ и частотой спектральной составляющей информационного сигнала ω_i приводят, в общем случае, к возникновению гармоник и субгармоник в сигнале $\Omega b_i(x_i, t)$ колебаний базилярной мембраны.

Анализируя выражения (1,2), можно сделать вывод, что участок Δx_i в окрестности x_i базилярной мембраны будет колебаться с фиксированной частотой $\frac{k\pi Cb(\omega^b_{i_i})}{Lb_i}$, некоторым количеством гармонических составляющих и фиксированными начальными и краевыми условиями, т.е. детерминированной начальной фазой. В рассматриваемой задаче такое колебание можно представить (относительно стохастического сигнала $Si_i(\omega_i, t)$) как квазикогерентный опорный сигнал $S^o_{i_i}(\omega^b_{i_i}, x_i, t)$ с нулевой разницей начальных фаз относительно сигнала $Si_i(\omega_i, t)$:

$$S^o_{i_i}(\omega^b_{i_i}, x_i, t) = A^o_{i_i} \sin(\omega^b_{i_i}, x_i, t) + \sum_{k=2}^n A^o_{i_k} \sin(\omega^b_{i_k}, x_i, t), \quad (3)$$

где $A^o_{i_k} \sin(\omega^b_{i_k}, x_i, t)$ - k - я гармоническая составляющая опорного сигнала $S^o_{i_i}(\omega^b_{i_i}, x_i, t)$. С целью упрощения дальнейшего анализа

предположим, что гармонические составляющие в рассматриваемом сигнале отсутствуют $A^o_{ik} \sin(\omega^b_{ik}, x_i, t) = 0$, а частота колебаний базилярной мембраны совпадает с несущей частотой гармонической составляющей $Si_i(\omega_i, t)$, т.е. $\omega^b_i(x_i) = \omega_i$. Суперпозиция $S^{tr}_i(\omega_i, x_i, t)$ информационного $Si_i(\omega_i, x_i, t)$ и опорного сигнала (3), действующего на текторальную мембрану запишется в виде:

$$S^{tr}_i(\omega_i, x_i, t) = Si_i(\omega_i, x_i, t) + A^o_i \sin(\omega_i, x_i, t), \quad (4)$$

и будет представлять собой сумму сигналов: одного информационного $Si_i(\omega_i, x_i, t)$, с изменяющимися амплитудой и фазой, другого детерминированного. Известно, что амплитуда $A^{tr}_i(t)$ и фаза $\varphi^{tr}_i(t)$ суммарного сигнала $S^{tr}_i(\omega_i, x_i, t) = A^{tr}_i \sin[(\omega_i t + \varphi^{tr}_i t], x_i, t)$ определяется выражениями:

$$A^{tr2}_i(t) = A^{Si2}_i(t) + A^{o2}_i(t) + 2A^{Si}_i(t)A^o_i(t)\cos[\varphi^{Si}_i(t) - \varphi^0], \quad (5)$$

$$\text{tg}[\varphi^{Si}_i(t) - \varphi^0] = \frac{A^{Si}_i \sin[\varphi^{Si}_i(t)] + A^o_i \sin(\varphi^0)}{A^{Si}_i \cos[\varphi^{Si}_i(t)] + A^o_i \cos(\varphi^0)},$$

где φ^o , φ^{Si} - фазы опорного и информационного сигналов, A^o, A^{Si} - их амплитуды.

Представим данный сигнал в виде суммы огибающей амплитуды $A^{tr}_i(t) = [A^{Si2}_i(t) + A^{o2}_i(t)]^{0.5}$ и несущего сигнала с амплитудой $A^{trn}_i(t) \approx 2A^{Si}_i(t)A^o_i(t)$ частотой ω_i и фазой $\varphi^{tr}_i(t)$:

$$S^{tr}_i(\omega_i, \varphi^{tr}_i(t), x_i, t) = A^{tr}_i(t) + A^{trn}_i(t) \cos[\omega_i t + \varphi^{tr}_i(t)]. \quad (6)$$

Так как базилярная мембрана представляет собой пластину с переменным параметром Lb , то совместно с участком Δx_i будут осциллировать соседние участки $\Delta x_i \pm n\Delta x_i$, возбуждаемые сигналом $Si_i(\omega_i, x_i, t)$, со своими резонансными частотами, которые определяются в соответствии с выражением (3).

По мере распространения сигнала $Si(\omega, t)$ по акустическому волноводу А его спектральные составляющие $Si_i(\omega_i, t)$ будут взаимодействовать с базилярной мембраной, и возбуждать в ней опорные колебания $S^o_i(\omega_i, x_i, t)$ на соответствующих участках Δx_i вдоль оси x перегородки улитки. ВВК и НВК связаны афферентными нервными волокнами с центральной нервной системой (ЦНС), которая, в течение времени tp_1 аутентифицирует сигнал $Si(\omega, t)$ и, если

это возможно, идентифицирует его в базе данных сигналов (БДС) уже известных ЦНС (центр Вернике). В первом случае принятый сигнал сопоставляется с материальным объектом, возбудившим данный сигнал, и записывается в БДС коррелированно с объектом. Во втором случае образ идентифицированного сигнала $So(\omega, x, t)$ направляется по эфферентным нервным волокнам обратной связи ЦНС в НВК как правого, так и левого рецепторов слуха. Сигнал $So_i(\omega_i, x_i, t)$, возбуждая волоски НВК на участке x_i текторальной мембраны, которые могут изменять свою длину [10], перемещают тело мембраны, создавая информационную составляющую сигнала обратной связи ЦНС (отоакустической эмиссии (ОАЭ))

$So_i(\omega_i, x_i, t) \Rightarrow S^{OC}_i(\omega_i, x_i, t) = A^{OC}_i(t) \sin[\omega_i t + \varphi^{OC}_i(t)]$. Суммарный сигнал $S^{BBK}_i(\omega_i, x_i, t)$, воздействующий на рецепторные волоски ВВК,

находящиеся в зоне участка x_i запишется, с учетом (4-6), в виде:

$$S^{BBK}_i(\omega_i, x_i, t) = A^{tr}_i(t) + A^{trn}_i(t) \cos[\omega_i t + \varphi^{tr}_i(t)] + A^{OC}_i(t) \sin[\omega_i t + \varphi^{OC}_i(t)]. \quad (7)$$

Проведём анализ выражения (7). Суммарный сигнал состоит из трех слагаемых, первое представляет собой огибающую сигнала текторальной мембраны $A^{tr}_i(t)$, второе и третье слагаемые представляют суперпозицию несущих сигналов с частотой ω_i и информационными аргументами фаз. Предположим, что на интервале времени $t_1 \in t$ сигнал огибающей равен нулю $A^{tr}_i(\omega_i, t_1) = 0$, тогда амплитуда $A^{BBK}_i(t_1)$ и фаза $\Theta^{BBK}_i(t_1)$ перемещений ВВК определяться из следующих соотношений:

$$A^{BBK^2}_i(t_1) = A^{trn^2}_i(t_1) + A^{OC^2}_i(t_1) + 2A^{trn}_i(t_1)A^{OC}_i(t_1) \cos[\varphi^{tr}_i(t_1) - \varphi^{OC}_i(t_1)] \quad (8)$$

$$\text{tg}[\Theta^{BBK}_i(t_1)] = \frac{A^{trn}_i(t_1) \sin[\varphi^{tr}_i(t_1)] + A^{OC}_i(t_1) \sin[\varphi^{OC}_i(t_1)]}{A^{trn}_i(t_1) \cos[\varphi^{tr}_i(t_1)] + A^{OC}_i(t_1) \cos[\varphi^{OC}_i(t_1)]}.$$

Квадрат амплитуды $A^{BBK^2}_i(t_1)$ результирующего колебания волосков ВВК чувствителен к разности фаз $[\varphi^{tr}_i(t_1) - \varphi^{OC}_i(t_1)]$ (8) колебаний сигнала текторальной мембраны и сигнала ОАЭ, он может принимать любое значение от $[A^{trn}_i(t_1) + A^{OC}_i(t_1)]^2$ при $[\varphi^{tr}_i(t_1) - \varphi^{OC}_i(t_1)] = 0$ до $[A^{trn}_i(t_1) - A^{OC}_i(t_1)]^2$, при $[\varphi^{tr}_i(t_1) - \varphi^{OC}_i(t_1)] = \pi$. Если разность фаз $[\varphi^{tr}_i(t_1) - \varphi^{OC}_i(t_1)] = \pi$ то сигнал, идентифицируемый ВВК будет равен сигналу огибающей $A^{tr}_i(\omega_i, t_1)$. В случае идентификации заведомо

известного в БДС сигнала, суперпозиция сигналов $Si(\omega, x, t)$, $S^o(\omega, x, t)$ и $S^{OC}(\omega, x, t)$ в теле текторальной мембраны минимальна по амплитуде (т.к. в активном рабочем состоянии покровная мембрана практически неподвижна [10]), и предположительно, создает такой сигнал, реакция на который $S^{BBK}(\omega, x, t)$ ВВК будет, в идеальном случае, равен сигналу огибающей $A^r(\omega, x, t)$:

$$Si(\omega, x, t) + S^o(\omega, x, t) + S^{OC}(\omega, x, t) = S^r(\omega, x, t) \Rightarrow S^{BBK}(\omega_i, x, t) \approx A^r(\omega, x, t). \quad (9)$$

Таким образом, основываясь на результатах исследований эффекта ОАЭ [11], в которых определено увеличение акустического импеданса внутреннего уха во время действия сигнала ОАЭ, можно предположить, что каждая из L ВВК выполняют функцию нуля – органа (9) в информационной цепи обратной связи взаимодействия слуховой рецептор – ЦНС, которая принимает решения по отклонению действующего сигнала $Si(\omega_i, t)$ от базового сигнала обратной связи ЦНС $S^{OC}(\omega_i, t)$ на частоте $\omega_i, i \in L$. Как было отмечено в данной работе, сигнал ОАЭ $S^{OA}(\omega, x, t)$ соответствует сигналу, сопряженному с сигналом $Si(\omega, x, t)$, а мембрана внутреннего уха, выполняя функции согласованной фильтрации, выполняет операцию свертки на волосках ВВК вышеуказанных сигналов на интервале времени активности фонемы T_p речевого сигнала для каждой из частот ω_i :

$$R_{S^{OA}Si}(\omega_i, x_i, \tau) = S^{BBK}(\omega_i, x_i, t) = \int_0^{T_p} \{Si(\omega_i, x_i, t) S^{OA}[\omega_i, x_i, (t - \tau)]\} d\tau, \tau \in T_p, \quad (10)$$

т.е. вычисляется взаимная корреляционная функция информационного сигнала и сигнала ОАЭ.

Учитывая результаты исследований [12] в части образования “критических полос” слухового рецептора, можно предположить, что ЦНС объединяет сигналы групп ВВК (10) в m частотных групп (с граничными частотами ω_{m1} и ω_{m2}) и анализирует ковариационную матрицу $RR^{\Xi}[(\omega_{m1}, \omega_{m2}), (x_{m1}, x_{m2}), t], (\omega_{m1}, \omega_{m2}) \in \Delta\omega_m$ сигналов корреляционных функций $R_{S^{OA}Si}(\Delta\omega_m, \Delta x_m, \tau)$ m – тых частотных групп:

$$RR^{\Xi}_m[(\omega_{m1}, \omega_{m2}), (x_{m1}, x_{m2}), t] = \int_{\omega_{m1}}^{\omega_{m2}} \int_0^{T_p} \{Si(\omega_i, x_i, t) S^{OA}[\omega_i, x_i, (t - \tau)]\} d\tau d\omega_m, \tau \in T_p, \omega_i \in \Delta\omega_m, x_i \in \Delta x_m. \quad (11)$$

Амплитуды колебаний физиологических органов слухового рецептора и линейность преобразований всех сигналов ограничена динамическим диапазоном линейности слуховой системы. При изменении акустической мощности сигнала $Si(\omega, t)$ она поддерживается в рабочих пределах динамического диапазона путем адаптации коэффициента передачи среднего уха по параметру интегрального сигнала (на интервале времени маскировки слуха) огибающей спектра мощности сигнала $Si(\omega, t) \approx S^{BBK}(\omega, x, t)$, который пропорционален сигналу ВВК. Время адаптации коэффициента передачи среднего уха определяется скоростью изменения огибающей спектра мощности информационного сигнала. Оно определяет протяженность протекания процессов предмаскировки и постмаскировки слуха, в течение которых органы рецептора находятся вне их рабочего динамического диапазона и не способны идентифицировать сигнал. Данные предположения подтверждаются графиками кривых равной громкости [9]. В течение этого времени сигнал обратной связи ЦНС $S^{OC}(\omega, x, t)$ отсутствует, перегородка улитки, обладая резонансными свойствами базилярной мембраны, гидравлически объединяет волноводы А и С, при этом волновод С функционирует в качестве демпфера. Анализ переходных процессов в улитке на интервале времени tp_1 выходит за рамки данной статьи и представляет собой самостоятельную задачу для исследований.

В процессе анализа сигнала фонемы $Si(t)$ на интервале времени Tp ЦНС анализирует ВКФ (сигнал $S^{BBK}(\omega, x, t)$) на частотных интервалах возбуждения опорных колебаний (3) базилярной мембраны, которые определяются формантным составом сигнала фонемы для вокализованных звуков, либо активной полосой частот – для невокализованных звуков. Сигнал ВКФ сравнивается с сигналами, хранящимися в БДС для принятия решения о выборке образа сигнала обратной связи ЦНС $S^{OC}(\omega, x, t)$, который, в сумме с информационным $Si(t)$ и опорным $S^o(\omega, x, t)$ сигналами, обеспечит выполнение условия (9) минимизации сигнала ВВК $S^{BBK}(\omega, x, t)$. Таким образом, если рассматривать слуховую систему с позиции физиологического процесса обработки сигналов, то можно декомпозировать три метода обработки.

Первичная обработка. Идентификация присутствия и первичный адаптивный анализ (по углу на источник) информационного сигнала $S_i(t)$ из естественных и искусственных шумов и помех $S_n(t)$, осуществляется во временной области наружным ухом. Методы: акустическая локация и предварительная фильтрация с целью определения присутствия информационного сигнала в данном источнике.

Вторичная обработка. Определения параметров сигнала: углов прихода, амплитуд и формантных частот фонемы. Адаптация режима работы внутреннего уха по огибающей спектра мощности суммарного сигнала, путем изменения коэффициента передачи среднего уха. Методы: классические методы пеленгования по максимуму сигнала и по углу прихода сигнала в разнесенные приемники и их фазовая компенсация, адаптивная компенсация локальных сигналов – помех, избытка акустической мощности, анализ L – мерных векторов спектрально – ковариационной матрицы принимаемых фонем.

Третичная обработка. Классификация и распознавание информационной и идентификационной составляющих фонем и морфем.

3. Результаты экспериментальных исследований

По представленной физико – физиологической модели работы рецептора слуха была синтезирована математическая модель обработки информационного сигнала, проведены экспериментальные исследования с естественными речевыми сигналами, которые доказали её адекватность.

В связи с ограниченным объемом статьи методы и результаты экспериментальных исследований предполагается опубликовать в ближайшем выпуске журнала.

4. Выводы

Представленная физико – физиологической модель работы слуховой системы позволяет обосновать гипотезу фазовой чувствительности слухового рецептора.

Основные положения гипотезы заключаются в следующем.

Спектральный анализ информационного акустического сигнала осуществляется на границе (мембране Рейснера) между волноводами преддверной лестницы и основной мембраны улитки внутреннего уха

вследствие различной скорости распространения звука в веществах костной ткани, перилимфы и эндолимфы, нелинейной дисперсии спектральных составляющих волнового пакета в этих веществах, а также переменного радиуса кривизны мембраны Рейснера.

Частоты детерминированных гармонических колебаний базилярной мембраны, возбуждаемые спектральными составляющими волнового пакета информационного сигнала, равны (в соответствующих координатах) несущим частотам спектральных составляющих, тонотопически отфильтрованных на мембране Рейснера. Колебания базилярной мембраны являются квазикогерентными по отношению к несущим частотам спектральных составляющих информационного сигнала и опорными по отношению к сигналу отоакустической эмиссии.

Сигнал обратной связи ЦНС - слуховая система представляет собой физиологический образ информационного сигнала, хранится в базе данных речевых сигналов центра Вернике, и воздействует на текторальную мембрану посредством изменения длины волосков внешних волосковых клеток. В теле текторальной мембраны он суммируется с опорным сигналом базилярной мембраны, образуя сигнал отоакустической эмиссии, который инверсно сопряжен (по амплитудам и фазам спектральных составляющих) с информационным сигналом.

Чувствительным тонотопическим элементом рецептора является ряд внутренних волосковых клеток, каждая из которых дискретно реагирует на динамику изменения разности фаз между соответствующими ей спектральными составляющими информационного сигнала и сигнала отоакустической эмиссии, которые вычитаются в теле текторальной мембраны. Образующийся n – мерный амплитудно-модулированный сигнал разницы (n – количество активных ВВК), воспринимаемый внутренними волосковыми клетками, является многомерной идентификационной функцией источника РС, относительно базового физиологического образа информационного сигнала.

Для обеспечения режима линейности процессов преобразования сигналов в физиологических органах слухового рецептора, мощность информационного сигнала, поступающего в овальное окно внутреннего уха, изменяется по, анализируемому ЦНС, параметру

огибающей спектра мощности РС, методом адаптации коэффициента передачи среднего уха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В.Н. Обобщенная модель интеллектуальной адаптивной системы сокрытия речевой информации в виброакустических и акустических каналах несанкционированного доступа. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2004. -№8. – С. 6-9.
2. Перекрестная биометрия [Электронный ресурс] / Н. Бирман. – М., Информационный интернет-портал "Security News: Газета международных новостей по техническим средствам и системам безопасности", 2007. – Режим доступа: <http://www.secnews.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
3. Алдошина И.А. 111-я конвенция AES в Нью-Йорке. Научные результаты. Звукорежиссер. - 2002. -№2. - С.5-7.
4. Dan T. Toward a measure of auditory filter phase response. J. Acoust. Soc. Am. 2001. V. 100. #6. P. 3169-3178.
5. Дж. К.Р. Ликлайдер, Дж. Розенблит. Механические свойства слуха. В кн. Экспериментальная психология. Под ред. С.С. Стивенса, т2. ИИЛ. – М. 1963. с. 1035.
6. David E.E., Miller I.E., Mathews M.V. Monaural phase effects in speech perception. Proc.3-d Intern. Congress on Acoustics, Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 1960.
7. Журавлев В.Н., Жуковицкий И.В. Анализ девиации частоты фонации при демодуляционной обработке речевого сигнала // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2006. – №11. – С. 67 – 72.
8. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ./ Под ред. А.А. Пирогова. – М. Связь. 1968. – с. 396.
9. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации. /Пер. с нем. под ред. Б.Г. Белкина. – М. - Связь - 1971. – с. 225.
10. Психоакустические аспекты восприятия речи. Механизмы деятельности мозга / Под. ред. Н.П. Бехтеревой. — М. Наука. - 1988. – с. 504.
11. Найда С.А. Объективная аудиометрия на основе формулы среднего уха – новый метод исследования и дифференциальной диагностики слуха. Электроника и связь. – 2004. – №23 – С. 66–70.
12. Вемян Г.В. Передача речи по цепям электросвязи. – М. Радио и связь. - 1985. – с. 272.

Получено 01.04.2007 г.

УДК 50.47

М.В. Дубровкина, В.Д. Шаповалов

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА СЧИТЫВАНИЯ
КОДА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**

В условиях современной рыночной экономики для каждого предприятия важно остаться конкурентоспособным, т.е. чтобы спрос на изготавливаемую продукцию был не ниже, чем у других предприятий данной отрасли. Одним из наиболее важных факторов, влияющих на спрос продукции, является её качество. Поэтому в процессе производства необходим постоянный контроль качества продукции во время выполнения всей цепочки технологического процесса.

Особенность технологического процесса кожевенного производства состоит в том, что в процессе технологической обработки каждое изделие (в соответствии с маршрутной картой техпроцесса) попадает в различные партии. Следовательно, для того чтобы обеспечить высокое качество изготавливаемой продукции, необходимо отследить правильность выполняемых операций, что обеспечивается однозначной идентификацией изделий на каждом этапе обработки. Для решения этой проблемы применяют маркировку изделия с последующим считыванием и распознаванием маркера (кода).

Таким образом, разработка математической модели, на основании которой можно исследовать процесс считывания и распознавания нанесенного кода для однозначной идентификации изделия с целью повышения достоверности считывания и тем самым влиять на повышение качества продукции в процессе ее изготовления является актуальной.

Целью работы является разработка математической модели, на основании которой можно исследовать процесс считывания нанесенного кода для однозначной идентификации изделия.

В статье «Комплекс идентификации и контроля изделий для АСУ ТП кожевенного производства» представлены результаты по

разработке такого комплекса для АСУ ТП обработки кожи. При разработке данного комплекса исследуется процесс обработки кожи, выбирается наилучший метод маркировки кожи, разрабатывается метод считывания кода, разрабатываются основные составляющие комплекса [1].

Рассмотрим процесс считывания кода.

Представим устройство считывания в виде системы.

Пусть $V_{1i}, V_{2i}, \dots, V_{ni}$ – входные параметры системы; n – количество входных параметров системы; L – суммарные случайные воздействия; W_i – выходная величина системы при $i=1, 2, \dots, m$; где m – количество принимаемых значений (рисунок 1).

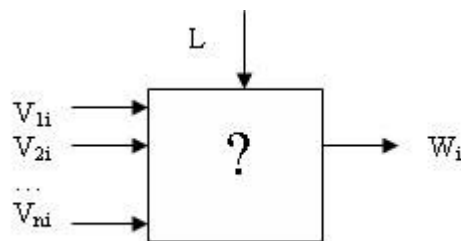


Рисунок 1 - Информационная модель устройства считывания

Структурная схема устройства считывания для кожевенного производства приведена на рисунке 2.

Поверхность любого объекта обладает свойством диффузионного рассеивания света. При этом рассеивание света от немаркированной поверхности объекта и промаркированной области разное, поэтому амплитуда получаемого сигнала от немаркированной поверхности объекта и промаркированной области различна. Оптическая часть устройства – матрица светочувствительных элементов, на которую проецируется изображение. Каждый светочувствительный элемент преобразует падающий на него свет в электрический аналоговый сигнал, который затем поступает к элементам, выполняющим анализирующие и решающие функции. При преобразовании полученного аналогового сигнала в цифровой, получим градационное или бинарное черно-белое изображение.

Применительно к кожевенному производству и с учетом того, что считывание будет проводиться с кожи на разных этапах её обработки, вводим следующие понятия.

Входные параметры - это параметры процесса считывания, которые включают в себя параметры кожи, устройства считывания и

источников света, влияющие на значение выходных величин системы при считывании и распознавании кода.

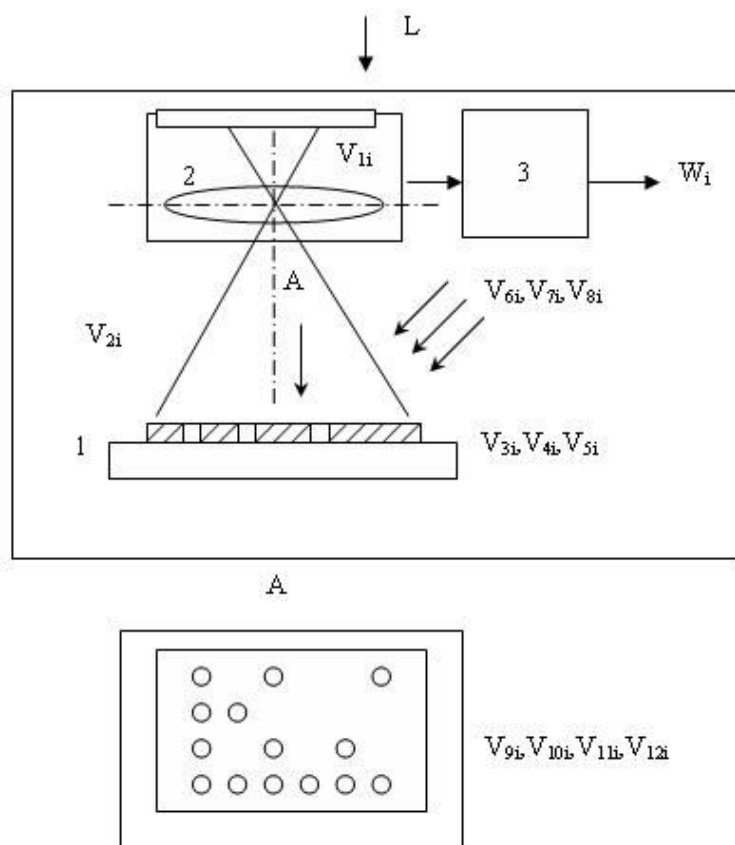


Рисунок 2 - Структурная схема устройства считывания. 1 - подложка, на которой располагаются объекты, подлежащие распознаванию, 2 - оптическая часть считывающего устройства, 3 - модуль обработки

V_1 - разрешение устройства считывания (изменяется в диапазоне от 8 на 10 точек до 512 на 512);

V_2 - расстояние от устройства считывания до кода, подлежащего распознаванию (минимальное расстояние ограничено свойствами оптической части устройства, максимальное расстояние ограничено технологией считывания);

V_3 - цвет кожи (весь спектр цветов);

V_4 - влажность кожи (от 5% до 100% для ведблу и краста и готовой кожи);

V_5 - толщина кожи (от 1 мм до 6 мм);

V_6 - количество источников света (от 1 до 4) и их расположение,

V_7 - освещенность (минимальное значение 0,05лк /F 2,0);

V_8 – спектр излучения источников света (белый свет, инфракрасное излучение и т.д.);

V_9 - количество маркировочных отверстий (значение обусловлено объемами производства и кодируемой информацией);

V_{10} – код (маркер), нанесенный на кожу (для моделирования принимаем, что код не изменяется в процессе обработки кожи, т.е. код идеальный);

V_{11} – геометрическая форма маркировочных отверстий (может изменяться при обработке кожи из-за химических и механических воздействий);

V_{12} – диаметр маркировочных отверстий (от 2 мм до 4 мм) (могут изменяться при обработке кожи из-за химических и механических воздействий).

Суммарные случайные воздействия (L) – это величины, которые влияют на систему случайным образом и тем самым вносят случайную погрешность при считывании и распознавании кода (блики на коже, неравномерная покраска, плохая промывка кожи и т.д.).

Выходные величины системы – это числа (коды), которые считаны и распознаны для однозначной идентификации W_i (изменяется от 1 до 9999999).

Для оценки достоверности считываемого кода d введем понятие функции достоверности $F(d)$ [2, 3, 4]:

$$F(d) = 1, \text{ если } W_i = V_{10i}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$F(d) = 0, \text{ если } W_i \neq V_{10i}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

Оценку можно считать только в том случае удовлетворительной, если все выходные величины системы равны значениям соответствующих маркировочных кодов. Каждая выходная величина системы есть функция зависимости от входных параметров системы и случайных воздействий:

$$W_i = f(k_1 V_{1i}; k_2 V_{2i}; \dots; k_n V_{ni}; k_{n+1} L;) \quad (3)$$

$k_1, k_2, \dots, k_n$ – весовые коэффициенты входных параметров;

k_{n+1} – весовой коэффициент суммарных случайных воздействий.

Физический смысл весовых коэффициентов заключается в том, что они показывают степень влияния входных параметров и случайных величин на правильность считывания кода.

Все входные параметры проявляются с определенной вероятностью и вносят систематическую и случайную погрешность [5], т.е. для каждого входного параметра справедливо выражение

$$V_{hi} = V_{hi}^* \pm \Delta V_{hi}, \text{ при } P_{hi} \geq P_{h0}, h=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

V_{hi}^* - значение входного параметра системы;

ΔV_{hi} - допустимое отклонение значения входного параметра;

P_{hi} - вероятность, с которой значения входного параметра попадают в заданный диапазон;

P_{h0} – заданное пороговое значение вероятности входного параметра;

n – количество входных параметров.

Следовательно, математическую модель устройства считывания кода можно представить в виде следующего выражения:

$$\begin{aligned} F(d) &= 1, \text{ если} \\ W_i(k_h (V_{hi}^* \pm \Delta V_{hi}); k_{n+1} L) &= V_{10i}, \\ \text{при } P_{hi} \geq P_{h0}, \text{ где } i &= 1, 2, \dots, m, h = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} F(d) &= 0, \text{ если} \\ W_i(k_h (V_{hi}^* \pm \Delta V_{hi}); k_{n+1} L) &\neq V_{10i}, \\ \text{при } P_{hi} \geq P_{h0}, \text{ где } i &= 1, 2, \dots, m, h = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (11)$$

На основании полученной математической модели можно исследовать процесс считывания и распознавания нанесенного кода для однозначной идентификации изделия и получить оптимальные характеристики оптического устройства считывания для заданных условий работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровкина М. В. Комплекс идентификации и контроля изделий для АСУ ТП кожевенного производства. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. - № 9 (103). – частина 1. – с.135 – 139.
2. Смирнов В. И. Курс высшей математики: в 4 томах / Государ. изд-во физ-матем. лит-ры - М.: 1958.-478 с. – Т.1
3. Г. Корн и Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Под ред. И. Г. Арамановича / Гл. ред. физ-матем. лит-ры - М.: Наука, 1968. – 720 с.
4. Тарасов Л. В. Мир, построенный на вероятности. - М.: Просвещение, 1984. – 191с.
5. В.П.Житников, Н.М. Шерыхалина. Оценка достоверности численных результатов при наличии нескольких методов решения задачи. XIV Международная конференция по интервальной математике. <http://www.nsc.ru/ws/CT98/theses/interval/zhitnikov.html>

Получено 10.01.07 г.

УДК 519.47:656.222

В.В. Скалозуб, В.В. Великодний, М.С. Чередниченко

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ
ПЕРЕВЕЗНЯМИ ЗА УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРИТЕТУ
ВИПЛАТ МІЖ ВЛАСНИКАМИ ВАГОННИХ ПАРКІВ**

**Особливості економіко-математичного моделювання процесів
залізничних перевезень вантажів багатьма власниками вагонних
парків при забезпеченні паритетних розрахунків за використання
вагонів**

В роботі [1] побудовано математичні моделі, призначені для оптимального планування перевезень, в яких ураховуються індивідуальні властивості засобів перевезень. У них транспортні засоби являються неоднорідними, мають різноманітні відмінності між собою, зокрема, відносини власності. Класичні математичні моделі оптимального планування, наприклад, з використанням моделей транспортної задачі, більшість інших відомих розподільчих моделей планування [2], вважають засоби перевезень (елементи потоків, тощо) однорідними. Умова неоднорідності носіїв транспортних потоків приводить до суттєвих ускладнень задач планування і управління, розширює сферу застосування моделей і методів компромісно-оптимального вибору.

Значною проблемою організації залізничних вантажних перевезень є використання вагонних парків іноземних власників (іновагонів - ІВ). Їх експлуатація розширює ресурс для перевезень, але потребує додаткових коштів, тому що встановлено нерівномірний тариф за використання ІВ на полігонах іноземних держав. Між залізничними адміністраціями різних країн щомісяця ведуться розрахунки за експлуатацію "чужих" вагонів на своїх залізничних полігонах. Одним із базових принципів планування і організації вантажних перевезень являється забезпечення паритету при взаєморозрахунках залізничних адміністрацій. Створенню математичних моделей для реалізації паритетного управління вантажними перевезеннями і присвячена розробка.

Задача управління вантажними перевезеннями за умови забезпечення паритету плати між залізничними адміністраціями

Комплексне завдання із визначення стратегії і забезпечення управління вантажними вагонними парками, яке забезпечує виконання умов паритету плати між залізничними адміністраціями (завдання ППЗА) за використання вагонів власності інших країн за встановлений період, являє одну з першочергових проблем організації перевезень на залізницях України. В загальному вигляді постановка завдання щодо забезпечення паритету плати, ППЗА, складається з наступного. На початку планового періоду вважаються визначеними погоджені щодобові завдання з експорту ($Ex(t)$) та імпорту ($Imp(t)$) вантажів, t – етап планування, доба. У завданнях-планах перевезень для періодів t також встановлено кількість і род вантажів, відповідно і вагонів, станція надходження вагонів за кордон - на полігон залізничної адміністрації, станція призначення вантажів. Умови експлуатації вагонів іноземних власників і вимоги щодо розрахунків за їх використання відповідають [3]. На основі графіків функцій завдань на перевезення при відомих (нормативних) середньо добових переміщеннях навантажених і порожніх вантажних вагонів на залізницях, а також відомих термінах операцій вивантаження, однозначно визначених стикових станціях повернення вагонів до країни-власника, для кожного вагону можливо розрахувати очікуваний термін перебування на полігоні кожної залізничної адміністрації. На підставі цих розрахунків визначаються очікувані для завдань ($Ex(t)$, $Imp(t)$) показники плати за використання вагонів іноземних власників, а також сальдо $S_D(t) = V(Ex(t)) - V(Imp(t))$. Регулювання за умов забезпечення паритету повинно бути таким, щоб отримати $\sum_t S_D(t) = \sum_t (V(Ex(t)) - V(Imp(t))) = \sum_t V(Ex(t)) - \sum_t V(Imp(t)) \approx 0$. Через $V(*)$ позначено функцію плати за використання ІВ, яка відповідає правилам [3].

При постановках задачі управління найбільш суттєвим є визначання параметрів керування, за рахунок вибору значень яких саме і відбувається переведення керованої системи до потрібного стану. У нашому випадку системою являються вагонні парки інших залізничних адміністрацій, а стан системи визначається кількістю ІВ різного роду у період t та середнім терміном експлуатації вагонів на

власному полігоні. Для більш повної характеристики параметрів регулювання також необхідно визначати період дії того чи іншого керування, в продовж якого значення показників (кількість вагонів різного роду, середній термін, квота, їх утримання на різних залізницях) залишаються незмінними.

Слід урахувати можливість існування таких завдань на перевезення ($Ex(t)$, $Imp(t)$), а також внутрішніх потреб щодо перевезень у період планування, які не дозволяють забезпечити бажану умову ефективності регулювання – $\sum_t S_D(t) \approx 0$. Тому більш коректною є постановка завдання по регулюванню вагонними парками відповідно до якого необхідно встановити послідовність керувань (визначати кількість вагонів різних родів, термін їх утримання, період дії керування) за період t що забезпечує мінімальне значення абсолютної величини сальдо $\sum_t abs(S_D(t)) \rightarrow \min$.

При реалізації постановок завдань щодо регулювання за умови дотримання паритету, ППЗА, виділяються дві складові, два етапи рішення:

- визначення значень параметрів керування,
- розв'язання завдання щодо реалізації оптимального керування.

Перший етап реалізується методами оптимального регулювання, за рахунок побудови відповідної моделі регулятора. Для реалізації наступного етапу і розрахунку фактичного плану перевезень на полігоні декількох залізниць, який дає змогу забезпечити відповідне оптимальне керування, пропонується використовувати постановку завдань із планування перевезень на основі модифікованої за рахунок уведення додаткових обмежень моделі транспортної задачі.

Обмеження, які додаються до завдання оптимального планування перевезення вантажів власним вагонним парком та іновагонами, поданого нижче, забезпечують побудову плану з встановленим діапазоном плати країні власнику за використання її вагонів.

У зв'язку з відмінністю характеристик реального процесу перевезень від нормативних або середніх значень, що визначаються на підставі аналізу даних моніторингу з використанням автоматизованих систем, фактичні величини параметрів керування будуть відрізнятися від попередньо запланованих. Саме тому постановка завдання щодо забезпечення паритету ППЗА передбачає

необхідність постійного контролю за кількістю і термінами використання вагонів власності України за кордоном, а також визначення тенденцій і прогнозування цих показників. Відповідно [3] при регулюванні парками іноввагонів із умов забезпечення паритету виплат при щомісячних розрахунках ураховується наступне: для вагонів – закінчення рейсів, для контейнерів – загальний період перебування. При цьому на підставі даних автоматизованих систем перевізного процесу необхідно виконувати прогнозні розрахунки таких характеристик: середній термін експлуатації вагонів Укрзалізниці (УЗ) на полігоні Росії (РЖД), прогноз нев'язок (відхилень) системи паритетних параметрів на момент закінчення розрахункового періоду, аналіз тенденцій використання вагонів УЗ на полігоні залізниць РЖД. На рис. 1, рис. 2 представлено графіки реалізації деяких процесів використання вагонів власності УЗ на полігоні залізниць РЖД і навпаки, які дають уяву про складність їх математичного моделювання і прогнозування.

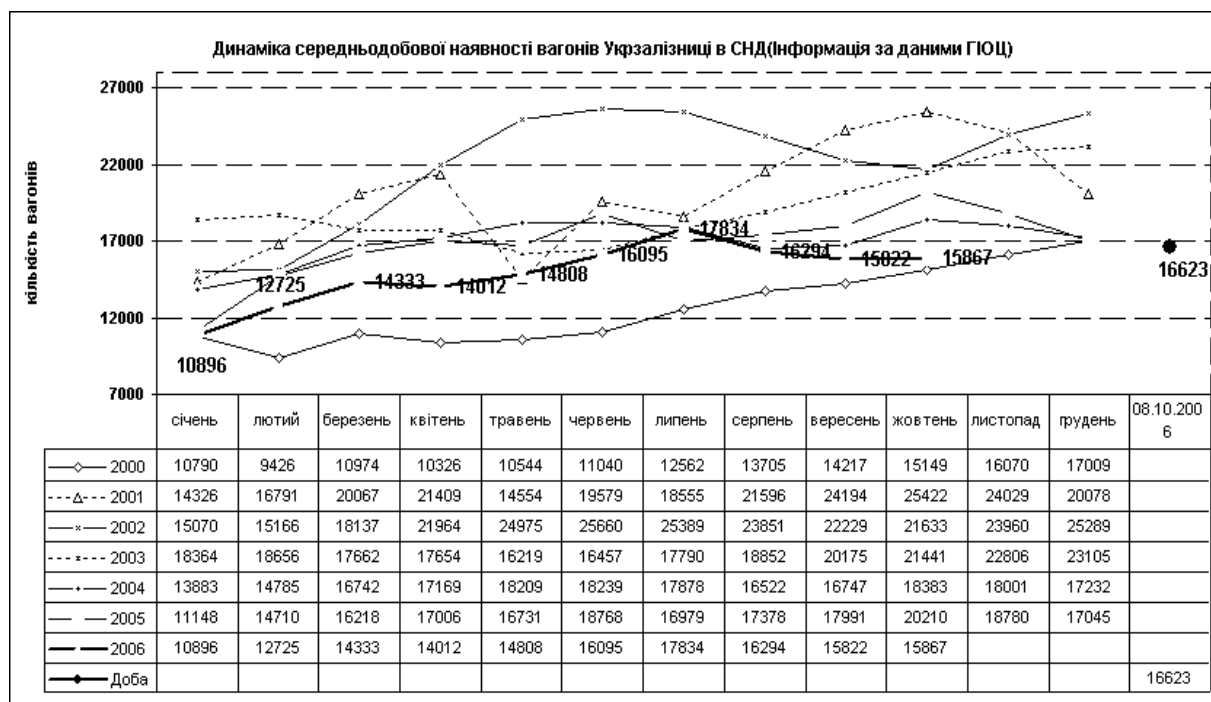


Рисунок 1 - Графіки використання вагонів різними залізничними адміністраціями

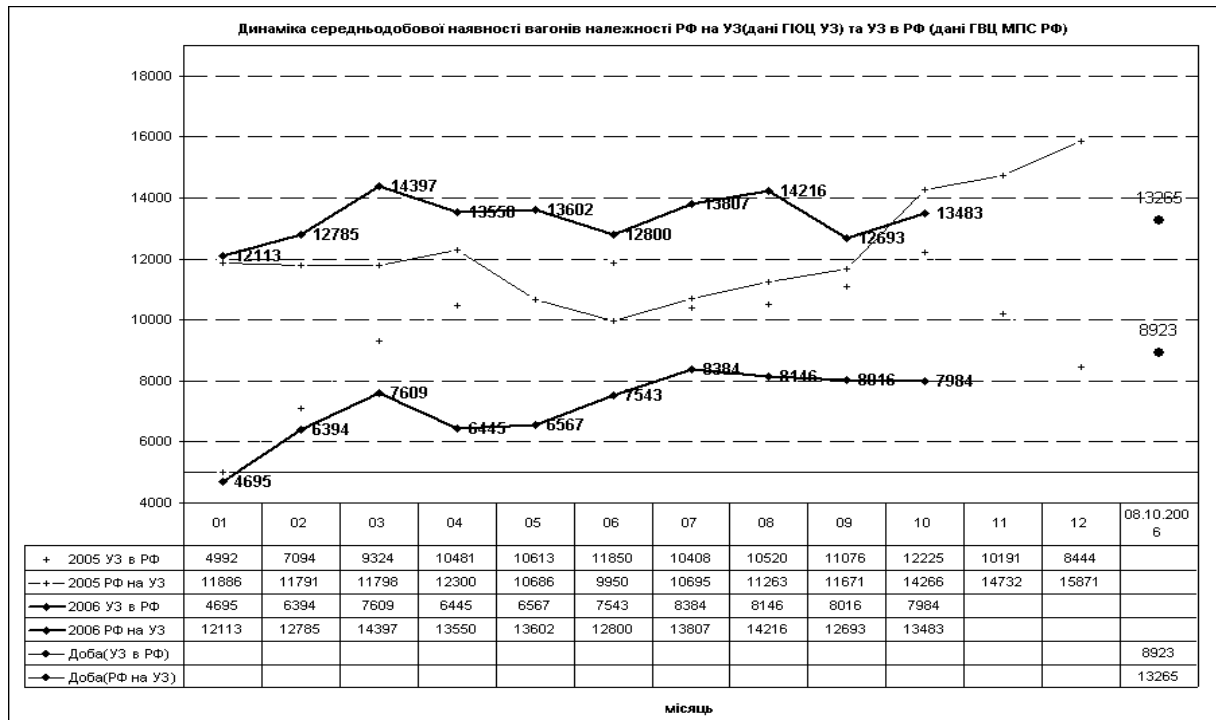


Рисунок 2 - Графік наявності вагонів належності Росії на залізницях України

Математичні моделі задачі управління вагонними парками за умови паритету взаємних виплат між залізничними адміністраціями

При регулюванні вагонними парками за умови дотримання паритету, виділяються два етапи: визначення значень параметрів керування та розв'язання завдання по реалізації оптимального керування. Математичні моделі що використовуються при цьому суттєво відмінні. Для спрощення розглядається задача забезпечення умови паритету взаємних виплат між двома залізничними адміністраціями (в першу чергу між РЖД та УЗ). Перехід до математичних моделей загального випадку оснований на попарному аналізі виплат для усіх адміністрацій. Вважаються заданими погоджені щодобові завдання на вантажні перевезення на кожний етап (доба) планового періоду t_j , $j=1,2,...,n_t$, які визначені у вагонах. У завданнях для етапів t_j , встановлено кількість і род вагонів, станція надходження вагонів на полігон залізничної адміністрації, станція призначення вантажів. Будемо визначати завдання на перевезення за допомогою окремих вагонів v_k :

$$v_k(t_{k(j)}^1, p_k, g_k, s_k^c, s_k^n, t_{k(j)}^2, t_k^*), \quad k=1,2,...,n_v(j), \quad (1)$$

де

- $n_v(j)$ – кількість вагонів завдання етапу (добі) t_j , - $t_{k(j)}^1$ – дата (етап плану) надходження вагону v_k на полігон залізничної адміністрації, - $t_{k(j)}^2$ – прогнозована дата (етап плану) повернення вагону v_k до країни-власника, або очікуваний термін перебування вагону за кордоном, - t_k^* – фактична дата повернення вагону v_k до країни-власника, - p_k – род вагону v_k , - g_k – род вантажу v_k , - s_k^c – стикова станція переходу вагону на полігон іншої залізничної адміністрації, s_k^n – станція призначення.

З урахуванням (1) шляхом узагальнення (визначення суми) по $k=1,2,\dots,n_v(j)$ розраховуються функції завдання на перевезення з експорту ($Ex(t_j)$) та імпорту ($Imp(t_j)$) для кожного періоду t_j , $j=1,2,\dots,n_t$. При плануванні ураховуються відстані і нормативні терміни руху між станціями s_k^c , s_k^n , а також час виконання операцій розвантаження, тощо. При плануванні ураховується, що для кожного вагону можливо розрахувати очікуваний термін перебування на полігоні кожної залізничної адміністрації на підставі нормативних середньо добових переміщень навантажених і порожніх вантажних вагонів на залізницях, а також відомих термінах операцій вивантаження, однозначно визначених стикових станціях повернення вагонів до країни-власника.

Для завдань на перевезення ($Ex(t_j)$, $Imp(t_j)$), що сформовані на основі даних, які відповідають (1) за рахунок групування і підсумовування, визначаються очікувані показники плати за використання вагонів іноземних власників, а також для кожного етапу планування розраховується різниця, сальдо $S_D(t) = V(Ex(t_j)) - V(Imp(t_j))$, якщо $V(*)$ – функція плати за використання іновагонів, яка відповідає правилам експлуатації вагонів [3].

Будемо вважати системою сукупність вагонних парків залізничних адміністрацій (ЗА), що використовуються для перевезень. Стан системи $Q(t_j) = \{Q_q(t_j), \bar{U}(t_j)\}_{n_q}$ визначається як кількість іновагонів різного роду (p) у період t_j , які знаходяться на полігонах різних залізничних адміністрацій (n_Q – загальна кількість

адміністрацій що розглядаються у задачі планування), $\bar{U}(t_j)$ - вектор параметрів керування. Зміна станів відповідає послідовності планових періодів організації перевезень t_j , $j=1,2,\dots,n_t$. Визначимо параметри керування $\bar{U}(t_j)$, які забезпечують переведення керованої системи $Q(t_j)$ до потрібного стану $Q(t_{j+h})$ на наступних етапах t_{j+h} , $h > 0$. Будемо характеризувати керування на етапі t_j такими параметрами:

- додатковий (до встановленого нормативного) середній термін експлуатації іновагонів різного роду (р) на власному полігоні $u_p^\tau = \tau_p(t_j)$,

- початок періоду застосування управління $u_p^\tau = \tau_p(t_j) - u_p^T(t_j)$,

- період $u_p^D(t_j)$ дії керування $u_p^\tau = \tau_p(t_j)$, в продовж якого значення показників (середній термін утримання вагонів різного роду на різних залізницях відповідної адміністрації) залишаються незмінними.

Таким чином маємо наступне представлення для керування парками іновагонів

$$\bar{U}(t_j) = (\bar{u}_p^\tau, \bar{u}_p^T, \bar{u}_p^D) \quad (2)$$

Математична постановка задачі по регулюванню вагонними парками за умови забезпечення паритету виплат залізничних адміністрацій полягає у наступному. Необхідно розрахувати послідовність керувань (визначати кількість вагонів різних родів, термін їх утримання, період дії керування) за період t що забезпечує мінімальне значення абсолютної величини сальдо S_D

$$\text{abs}(S_D) = \text{abs}\left(\sum_j S_D(t_j)\right) \rightarrow \min_{U \in D_U}, \quad (3)$$

$$S_D = \sum_j S_D(t_j) \geq 0, \quad (4)$$

де

$$\sum_j S_D(t_j) = \sum_j (V(\text{Ex}(t_j)) - V(\text{Imp}(t_j))) = \sum_j V(\text{Ex}(t_j)) - \sum_j V(\text{Imp}(t_j)),$$

D_U – допустимі значення керувань $\bar{U}(t_j)$ виду (2).

Обмеження (4) забезпечує позитивне сальдо для УЗ при плануванні.

При реалізації постановок задач із регулювання вагонними парками за умови дотримання паритету виділяються два етапи

рішення: визначення значень параметрів керування на етапах планування $\bar{U}(t_j)$, розв'язання задачі щодо реалізації оптимального керування. Перший етап реалізується методами оптимального регулювання, за рахунок побудови відповідної моделі регулятора. У найпростішому вигляді можна запропонувати наступну процедури розрахунку головної компоненти вектору (2) $u_p^* = \tau_p(t_j)$.

На основі планів ($Ex(t_j)$) та імпорту ($Imp(t_j)$) для кожного періоду t_j , $j=1,2,\dots,n_t$, відомих відстаней між станціями надходження вагонів із за кордону, станцій призначення та нормативних термінів щодобового пересування завантажених і порожніх вагонів, а також термінів операцій переробки вантажів, визначаються прогнозовані терміни експлуатації вагонів, нарешті - відповідні суми виплат за їх використання. Щодобове визначення (за рахунок автоматизованих систем Укрзалізниці) і накопичення різниць між відповідними виплатами дозволяє розрахувати графік поточного порушення балансу виплат. Відомі виплати за добове використання вагонів різного роду (криті, цистерни, інші), а також відомі терміни знаходження вагонів на полігоні іншої держави, дають змогу для заданої необхідної кількості вагонів розрахувати значення додаткового терміну використання іновагонів на полігоні залізниць, щоб зменшити різниці $\Delta_s(t_j)$.

Таким чином, головними результатами першого етапу організації управління парками ІВ являється розрахунок $\Delta_s(t_j)$ і відповідних значень додаткового терміну використання цих вагонів. Для реалізації наступного етапу оптимального регулювання будемо використовувати постановку завдань із планування перевезень, подібних до роботи [4], яку для забезпечення паритету виплат між адміністраціями модифікуємо за рахунок уведення додаткових обмежень. Детальні елементи постановки задачі наведено у [5]. Саме вони забезпечують побудову плану з встановленим діапазоном плати країні власнику за використання її вагонів. Щоб сформулювати необхідні додаткові обмеження для задачі оптимального планування представимо різницю виплат $\Delta_s(t_j)$ етапу t_j наступним чином. Нехай нормативний сумарний час перебування кожного вагону з характеристиками (1) на маршруті у іноземній країні визначається

рівняннями як сума термінів руху, розвантаження, формування поїзду [4], або подібними більш детальними рівняннями, а вартість вагонодобі з урахуванням прогресуючої шкали виплати за використання вагону роду (" p_k ") становить $b(p_k)$, тоді сумарна вартість використання іновагонів $k=1,2,\dots,n_v(j)$, які надійшли на етапі t_j буде складати

$$W_{UZ}^{Poc}(t_j) = \left(\sum_{k=1}^{n_v(j)} (T_k^{(p)} b(p_k)) \right), \quad (5)$$

де

$$T_k^{(p)} = t_{k(j)}^2 - t_{k(j)}^1, \dots, \Delta_s(t_j) = W_{Poc}^{UZ}(t_j) - W_{UZ}^{Poc}(t_j).$$

Оцінка $W_{Poc}^{UZ}(t_j)$ розраховується як і (5).

Рівняння балансу, яке встановлює паритет виплат ЗА, має вид

$$\sum_{i=1}^{j-1} \Delta_s(t_i) + \sum_{k=1}^{n_{vPФ}(j)} (T_k^{(p)} + \Delta_p) b(p_k) - \sum_{k=1}^{n_{vUZ}(j)} (T_k^{(p)}) b(p_k) = 0. \quad (6)$$

Рівняння (6) показує, що за рахунок вибору додаткового терміну Δ_p утримання іновагонів роду (" p_k ") власності Росії, РФ, компенсується як накопичене сальдо (перший член) попередніх етапів планування, так і вартість перебування вагонів УЗ на полігоні залізниць РФ (останній член). У (6) позначено як $n_{vPP}(j)$, $n_{vUZ}(j)$ – кількості вагонів РФ на Укрзалізниці і Укрзалізниці на РФ, відповідно. З рівняння (6) можливо розрахувати необхідну додаткову кількість діб Δ_p , що його забезпечує. Наприклад, для виконання (6) шляхом експлуатації вагонів лише одного роду (піввагони) необхідно забезпечити додаткове використання n_v^{Π} іновагонів терміном (діб)

$$\Delta_k^{\Pi} = \sum_{i=1}^j \Delta_s(t_i) / (b^{\Pi}(p_k) n_v^{\Pi}). \quad (7)$$

Для вибору управлінь щодо додаткового Δ_p утримання вагонів різного роду (p_k), кількість кожного з яких складає n_v^p , необхідно використовувати наступне рівняння

$$\sum_{i=1}^j \Delta_s(t_i) = \sum_{(p)} (\Delta_p b(p) n_v^p) \quad (8)$$

Відповідно до (8) різну кількість вагонів різних родів додатково можна використовувати різну кількість діб, щоб виконати цю умову.

Таким чином, на підставі даних про експлуатацію іновагонів і потреби у вантажних перевезеннях на основі (5) – (8) можна

визначити параметри керування (1) на поточному етапі t_j , необхідні для виконання умов паритету взаємних виплат. Саме ці величини використовуються при постановках завдань оптимального планування з урахуванням паритету виплат між залізничними адміністраціями.

Другий етап регулювання полягає у розрахунку завдання з оптимального планування, математична модель якого має наступний вид

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \left(\tilde{c}_{ijr} x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \tilde{c}_{ijrt} \bar{x}_{ijrt} \right) \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijrt} \right) = a_{ir} \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, R; \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^m \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijrt} \right) = b_{jr} \quad j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, R; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R a_{ir} = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R b_{jr}. \quad (12)$$

$$\mathcal{F}_k^{(p)} = \ddot{t}_{k(j)}^2 - t_{k(j)}^1 \leq t_{k(j)}^2 - t_{k(j)}^1 + \Delta_p, \quad k \in N_{IB}(j), \quad p \in P_B, \quad (13)$$

$$\sum_{k \in N_{IB}(j)} b(p_k) \mathcal{F}_k^{(p)} = \Delta_s(t_j) \leq W_{Poc}^{UZ}(t_j) - W_{UZ}^{Poc}(t) \quad (14)$$

У поданій моделі планування дві складові у (9) - (11) визначають участь у планування як власних вагонів інвентарного парку, так і чужих вагонів, ІВ, а система додаткових обмежень (13), (14) ураховує умови забезпечення паритету виплат між залізничними адміністраціями. Рівняння (13) встановлюють оптимальний граничний термін використання кожного із $k \in N_{IB}(j)$ іновагонів $\mathcal{F}_k^{(p)}$, що належать до родів $p \in P_B$, де $N_{IB}(j)$ – множина ІВ на етапі t_j , а P_B – множина родів вагонів. Інтегральне рівняння (14) показує, що розрахована у плані загальна плата за використання іновагонів не перевищує накопиченого сальдо за усі етапи планування $\Delta_s(t_j)$.

Крім того модель (9) - (14) також має відмінність у розрахунку матриці коефіцієнтів експлуатаційних витрат критерію (9), що виконується відповідно до рівнянь

$$\tilde{C}_{ij} = \tilde{e}_{ij1} + \tilde{e}_{j2} + \tilde{e}_{j3} + \tilde{e}_{j4} + \tilde{q}_{ij} + h_{ij} \quad (15)$$

де складові визначають:

$\tilde{e}_{ij1}$ – експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагону з пункту A_i до станції навантаження маршруту B_j ;

$\tilde{e}_{j2}$ – експлуатаційні витрати по навантаженню вантажів у вагон;

$\tilde{e}_{j3}$ – експлуатаційні витрати по пересуванню навантаженого вагону від станції навантаження до станції вивантаження по маршруту B_j ;

$\tilde{e}_{j4}$ – експлуатаційні витрати по вивантаженню вантажу;

$\tilde{q}_{ij}$ – додаткові експлуатаційні витрати для іновагонів;

h_{ij} – додаткові штрафні виплати за використання іновагона забороненого роду, або із заданими номерами, не у попутному напрямку.

Наявність цих додаткових факторів позначається у відповідних коефіцієнтах знаком $\tilde{f}$, коли $\tilde{f}$ – кожний із відмічених показників. Представлення складових $\tilde{q}_{ij}$, h_{ij} відповідає вимогам правил [3]. Для розв'язання задачі у формі (9) - (15) безпосередньо не можуть бути застосовані відомі методи, призначені для моделі транспортної задачі, що обумовлено обмеженнями (14) - (15).

Характеристики реального процесу перевезень зазвичай мають відмінність від нормативних або середніх значень, які використовуються при моделюванні процесів на етапі планування. Конкретні величина розрахункових параметрів повинні визначатися на підставі аналізу оперативних і накопичених даних моніторингу перевізного процесу з використанням автоматизованих систем. У загальному випадку фактичні величини параметрів керування також будуть відрізнятися від попередньо запланованих. Автоматизація планування перевезень за допомогою постановки задачі щодо забезпечення паритету виплат залізничних адміністрацій передбачає необхідність застосування постійного контролю за кількістю і термінами використання вагонів власності України за кордоном. Представлені у вигляді часових рядів спостережень ці дані становлять основу для визначення тенденцій і прогнозування показників щодо експлуатації вагонних парків власників України на полігонах залізниць РФ. Для забезпечення прийнятної якості регулювання вагонними парками необхідно на підставі зазначених даних спостережень будувати моделі для ідентифікації параметрів та прогнозування термінів утримання вагонів власності України, термінів руху вагонів за напрямками на різних полігонах залізниць.

Ці математичні моделі прогнозування складають важливу частину регулювання парками іновагонів на залізницях України.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скалозуб В.В., Землянов В.Б., О.В. Солтысюк, С.Ю. Цейтлин. Модели транспортной задачи для множества собственников вагонных парков // Системні технології, № 10 (28), 2004. С. 141 – 147.
2. Ермольев Ю.М., Ляшко И.И., Михалевич В.С., Тюптя В.И. Математические методы исследования операций. – К.: Вища школа, 1979. – 312 с.
3. Правила эксплуатации, пономерного учета и расчетов за использование грузовых вагонов собственности других государств. – Киев. 1996. 82 с.
4. Тишкин Е.М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. Труды ВНИИАС, вып. 4. – Москва: 2004. – 184 с.

Получено 10.01.07 г.

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ СУЧАСНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА

Питанням забезпечення економічної безпеки держави, регіонів і підприємств присвячена ціла низка робіт вітчизняних учених і практиків [1,3,4,8,10]. Їх вивчення дозволило визначити певні етапи в розвитку цього напрямку організаційно-управлінської діяльності підприємств та дійти висновку, що в них адекватно досліджувались стан справ та задачі, що стояли в галузі забезпечення безпеки на кожному з цих етапів та пропонувалися відповідні шляхи такого забезпечення.

Так, на першому етапі проблема, в основному, зводилася до збереження й захисту комерційної таємниці та інших секретів підприємства. На наступному етапі акцент проблеми безпеки діяльності суб'єктів господарювання був перенесений на організацію захисту від впливу зовнішнього середовища й пристосування (адаптацію) до його стану. Низка сучасних дослідників дотримується ресурсно-функціонального підходу до забезпечення економічної безпеки підприємств, розглядаючи її як стан найбільш ефективного використання корпоративних ресурсів для запобігання загроз та забезпечення стабільного функціонування в даний час і у майбутньому.

У сучасних наукових виданнях, присвячених проблемам безпеки функціонування бізнес-структур, значне місце приділяється проблемі захисту інформації й кадрів (персоналу) [3,8,10]. Причому останні характеризуються як особливий фактор - джерело розголошення комерційної таємниці. В свою чергу, інформація й розширення комунікативних зв'язків підприємства - це особливий аспект проблеми організації економічної безпеки діяльності підприємств, який набуває всезростаючого значення.

Зміна етапів дослідження проблеми, розширення кола завдань, що стоять в цьому напрямку перед підприємствами, пов'язані з головною об'єктивною історичною характеристикою соціально-економічних систем - закономірністю безперервного розвитку й відтворення їх ресурсно-функціонального потенціалу.

З одного боку розвиток є іманентною характеристикою виробництва, умовою завоювання конкурентної позиції підприємства, значення якої посилюється в зв'язку з ускладненням конкурентного середовища, з іншого, - розвиток, як загальний принцип існування природи, суспільства й пізнання, будучи об'єктивним процесом, супроводжується переходом предмета розвитку в сферу невизначеності, де закономірно формується система загроз, що, в свою чергу, є вагомою підставою комплексного та з випередженням вирішення завдань по забезпеченню безпеки ресурсного потенціалу, у тому числі його організаційно-структурних характеристик.

Серед об'єктів, що входять у систему обмінних комунікативних зв'язків підприємства в процесі розвитку виробничо-господарської діяльності й формують його загрози, зростаючого значення набувають потоки інформації, які несуть в собі стратегічні відомості про рух всіх видів ресурсів, інвестиції й фінансування, поставки товарно-матеріальних цінностей, придбання нових технологій, патентів, ліцензій, залучення кваліфікованого персоналу тощо [2].

Особлива увага приділяється інформаційній безпеці, яка реалізує різні схеми захисту інформації з погляду таких властивостей інформації, як цілісність, системність, доступність і конфіденційність, що знайшло своє підтвердження в роботах [3, 5, 9]. Врахування цих характеристик дозволяє сформулювати безпечні режими роботи з інформацією і визначає ефективність засобів захищеності інформаційних ресурсів інформаційної системи, що експлуатується на підприємстві. При цьому дослідники застосовують відомі моделі «порушників» [6], а також моделі захисту окремих підсистем (компонент) інформаційної системи підприємства. Моделі «порушників» включають як об'єкти загроз, так і їхні суб'єкти, що впливають на різні інформаційної системи і персонал з метою нанесення їм збитку. При цьому рівень інформаційної безпеки інтерпретується як рівень регламентного забезпечення безпеки таких об'єктів як програмні засоби, засоби, що забезпечують доступ до даних, права користувачів щодо виконання робіт, пов'язаних з модифікацією й використанням конфіденційної інформації, виявлення і протидії витоку інформації, стосовно виникаючих загроз, носіями яких виступають суб'єкти.

Використання системного підходу до організації процесів забезпечення інформаційної безпеки підприємства на основі положень теорії інформації, уточнення поняття інформаційного ресурсу та визначення інформаційної системи як підтримуючої системи відносно інформаційних ресурсів - найважливіше завдання підвищення ефективності інформаційної безпеки підприємства.

Для проведення дослідження на основі цього підходу розглянемо наступні поняття й визначення інформації.

Під інформацією звичайно розуміється множина даних, кожна підмножина яких характеризується такими властивостями, як об'єктивність, вірогідність, адекватність, своєчасність, коректність, точність, корисність, цінність. В різних літературних джерелах із зазначеної множини властивостей виділяють тільки певну частину з них, керуючись, у першу чергу, винятково практичними міркуваннями. Так, наприклад, властивості адекватності й вірогідності об'єднують в одну – вірогідності; об'єктивності й коректності – у властивість об'єктивності й т.д. Проаналізуємо решту властивостей – своєчасність, точність, корисність і цінність. Очевидним є той факт, що визначальною є властивість корисності, яка свідчить, що інформація повинна бути точною та своєчасною. Таким чином, можна висловити базове положення, що властивість інформації, визначальною мірою, характеризує певну функцію управління, реалізовану суб'єктом, який використовує інформацію.

Інформація, що використовується суб'єктом відносно якої-небудь дії, повинна реалізувати/виконувати певну функцію суб'єкта в системі/структурі управління підприємством. В якості таких функцій можна розглядати функції управління виробництвом, прийняття рішень, планування й т.д.

В наслідок того, що реалізована функція управління визначається рівнем управління і відповідних функцій суб'єкта управління, можна припустити, що потреба в інформації, у першу чергу, визначається тією її властивістю (або ж сукупністю властивостей), яка вважається основною у процесі її використання.

Для ефективною реалізації своєї управлінської функції суб'єктові необхідно розвивати кількісні і якісні характеристики тієї властивості, яка є основною, обов'язковою, такою, що часто використовується (або ж групи властивостей).

Таким чином, безпека розвитку інформаційних ресурсів визначається безпекою розвитку тих властивостей інформації, які є визначальними для суб'єкта; рівнем управління; характером розв'язуваних завдань; і, як наслідок, змістом посадових інструкцій; існуючою схемою документообігу.

Вищезазначене передбачає використання нової концепції інформаційної безпеки, основні положення якої є такі:

1) розвиток інформаційних ресурсів розглядається як сукупність процесів, процедур, окремих операцій, що забезпечують розвиток різних властивостей інформації;

2) безліч властивостей інформації визначається рівнем управління й, відповідно, тими завданнями, які, в першу чергу, вирішуються суб'єктом у процесі його діяльності з досягнення цілей;

3) безпека інформаційних ресурсів визначається рівнем управління й безпекою розвитку тих властивостей інформації, які є базовими для даного рівня управління підприємством;

4) безпека інформаційної системи визначається безпекою функціонування її підсистем і компонентів, які забезпечують конфіденційність, цілісність, доступність інформації на всіх рівнях управління підприємством;

5) основна функція інформаційної системи - забезпечення (забезпечувальна підсистема) безпечного розвитку властивостей інформації на всіх рівнях управління підприємством.

Отже, інформаційна система виступає як комплексний інструментальний засіб (сукупність засобів), який забезпечує безпечний розвиток властивостей інформаційних ресурсів на всіх рівнях управління підприємством.

Для реалізації цих концептуальних положень в системі інформаційної безпеки підприємства необхідно вирішити такі першочергові завдання: розподіл завдань між персоналом, технічними засобами, адміністраторами підсистем інформаційної системи; розробку інструкцій, нормативних матеріалів, у яких встановлюються гранично припустимі рівні, що відповідають вимогам категорій безпеки; визначення мінімально припустимої конфігурації програмно-апаратних засобів, які відповідають вимогам, що висуваються до інформаційної системи та забезпечують мінімальний

рівень потенційного збитку, що може бути нанесений підприємству; забезпечення захисту самої інформаційної системи.

Реалізація цих заходів щодо інформаційної безпеки дозволяє деталізувати її до різних рівнів управління підприємством, внести зміни в посадові інструкції осіб, які мають відношення до конфіденційної інформації і спроектувати можливі рівні захисту для різних видів загроз, що мають місце в зовнішньому і внутрішньому середовищах підприємства. Подальший напрямок досліджень пов'язаний з деталізацією запропонованої моделі відносно описаних категорій захисту, властивостей інформаційних ресурсів, що розвиваються, моделей захисту інформаційної системи в цілому і її окремих компонентів.

В аспекті розвитку економічних відносин важливе місце займають інформаційні системи підприємств, що виступають як інформаційний компонент системи управління підприємством. Подання інформаційної системи у вигляді сукупності власно даних, інформації та різних продуктів, породжених нею, методів і засобів її організації, зберігання, а також маніпулювання ними, обробки, аналізу, підходів до вироблення управлінських рішень вимагає розробки методик підвищення стабільності інформаційної системи підприємства в двох аспектах: стабільності протікання процесів, стабільності функціонування програмно-апаратних засобів і психологічної стабільності персоналу.

З погляду інформаційної безпеки, підвищення стабільності інформаційної системи може розглядатися як мінімізація ризиків спричинення збитків її підсистемам, компонентам та елементам у результаті навмисних або ненавмисних дій з боку суб'єктів (внутрішніх і зовнішніх), які беруть участь у процесах, що відбуваються в інформаційній системі, або ж запобігання завданню збитків за рахунок розробки і проведення відповідних заходів щодо захисту всіх елементів і процесів, які забезпечують функціонування інформаційної системи.

Аналіз досліджень у цій сфері показав, що на даний момент відсутній комплексний підхід до забезпечення безпеки інформаційної системи: так, наприклад, деякі автори розглядають інформаційну систему як сукупність елементів інформаційної інфраструктури, причому з метою забезпечення її безпеки для кожного з елементів

розробляються своя модель, методи й засоби захисту [3]. Цей підхід відрізняється тим, що інформаційна інфраструктура характеризується безліччю процесів, які безпосередньо відносяться до формування і обробки інформації, комунікаційними зв'язками (відносинами) з елементами організаційної структури, персоналом, різними суб'єктами, що використовують інформацію, і т.ін. [3]. Ці елементи самі є джерелами інформації на підприємстві, що, в свою чергу, призводить до значного збільшення її обсягу, складності і вимагає впорядкованості для підвищення рівня задоволення нею потреб користувачів. У зв'язку із цим виникає проблема фільтрації так називаного «інформаційного шуму» - інформації і відомостей, які є надлишковими, неактуальними, різнорідними, такими, що перешкоджають використанню інформації, яка є найбільш релевантною для вирішення проблеми або задачі в сформованій ситуації.

Іншим завданням є розробка методів підвищення стабільності інформаційної системи підприємства на основі мінімізації ризиків, пов'язаних із завданням збитків як діяльності підприємства, так і його інформаційній інфраструктурі та підвищення стабільності всіх інформаційних процесів, включаючи методи і засоби одержання, введення, обробки та аналізу інформації.

Для вирішення цього завдання сформулюємо наступні положення, які лежать в основі методу забезпечення інформаційної стабільності на підприємстві:

- об'єктами забезпечення інформаційної стабільності є інформаційні процеси, інформаційні продукти, отримані в процесах перетворення інформації, та інформаційна інфраструктура підприємства в цілому;

- стабільність інформаційних процесів визначається збереженням всіх властивостей інформації й інформаційних продуктів, створених у процесі життєвого циклу інформаційних продуктів;

- життєвий цикл інформаційних продуктів характеризується часовим обмеженням, тривалість якого визначається тривалістю етапів їхнього формування, становлення й розвитку;

- безпека і підвищення стабільності інформаційного продукту забезпечується сукупністю засобів захисту на всіх етапах його життєвого циклу;

– засоби захисту існуючої інформаційної інфраструктури підприємства базуються на засобах захисту, що використовуються у тих процесах, які пов'язані зі зберіганням, введенням, модифікацією і передачею інформації за умови збереження всіх її властивостей;

– засоби захисту забезпечують захист інформаційного продукту на всіх етапах його життєвого циклу.

Таким чином, інформаційна складова набуває зростаючого значення і виступає як комплексний інструментальний засіб у забезпеченні безпечного розвитку підприємства. Концепція інформаційної безпеки повинна базуватися на наявному стані і реальній оцінці місця інформаційних ресурсів та потреб інформаційного забезпечення розвитку підприємства, корегуватися в зв'язку зі змінами цих параметрів та бути основою для розробки методичних підходів до забезпечення інформаційної стабільності на підприємстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрощук Г. А. Экономическая безопасность предприятия: защита коммерческой тайны: Монография / Г. А. Андрощук, П. П. Крайнев. – К.: Изд. дом "Ин Юре", 2000. – 400 с.
2. ГОСТ Р ИСО 7498-2-99. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 2. Архитектура защиты информации.
3. Економічна безпека підприємства: сутність та механізм забезпечення: Монографія / Г. Б. Козаченко, В. П. Дономарьов, О. М. Ляшенко. – К.: Лібра, 2003. – 280 с.
4. Мунтіян В. І. Глобалізація інвестиційних процесів та економічна безпека України // Фондова панорама. – 2005. – № 49. – С. 1-2.
5. Организация и современные методы защиты информации / Под общ. ред. Диева С. А., Шаваева А. Г. – М.: Банковский деловой центр, 1998. – 472 с.
6. Петренко С. А. Возможная методика построения системы информационной безопасности предприятия // Прогноз финансовых рисков / www.bre.ru.
7. Соколов А. В. Как оценить угрозы безопасности информации? // Элвис + / <http://www.elvisplus.ru>.
8. Тридід О. М. Організаційно-економічний механізм стратегічного розвитку підприємства: Монографія. – Харків: Вид. ХДЕУ, 2002. – 364 с.

9. Устинов Г. Н. Основы информационной безопасности систем и сетей передачи данных. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 248 с.
10. Черняк О. І. Моделювання економічної безпеки на макро- і мезорівнях. В кн.: Моделювання економічної безпеки: держави, регіону, підприємства // Монографія. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2006. – 240 с.

Получено 26.03.07 г.

УДК 681.513:004.384

А.В. Верховодов, О.В. Малахов, Н.В. Калихевич

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО– ЗАМКНУТОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ FBD

Введение

К настоящему времени большинство современных систем промышленной автоматизации строится на основе высоконадежных и легко компонуемых программируемых логических контроллеров (Programmable logic controllers) - ПЛК и промышленных компьютеров (Industrial computers) - ИК [1]. Для реализации небольших автоматических устройств предназначены логические модули Zelio Logic 2. Благодаря своей компактности и удобству применения они представляют собой конкурентоспособную альтернативу решениям на основе жёсткой (схемной) логики или специальных плат.

Простота их программирования, гарантирована универсальностью языков LADDER (лестничных диаграмм) и FBD (Functional Block Diagram). Компактные и модульные логические модули удовлетворяют потребности в простых блоках автоматики, имеющих до 40 входов/выходов, а также расширение связи по сети Modbus, что обеспечивает большую эффективность и гибкость [2,3,4].

Постановка задачи и метод

В качестве объекта управления использована 16-позиционная горизонтально-замкнутая транспортная система спутникового типа, с автоматическим возвратом спутников (рис.1).

Транспортная система имеет 2 шаговых транспортера с шагом транспортирования 150мм, 14 рабочих позиций, пневматический привод с давлением сжатого воздуха 0,4МПа. В качестве устройств переноса спутников с одной транспортной ветви на другую, используются модульные роботы ПР 5-2Э с пневматическим приводом, номинальной грузоподъемностью 2,5кГ, максимальной скоростью перемещения 200мм/с и погрешностью позиционирования $\pm 0,1$ мм.

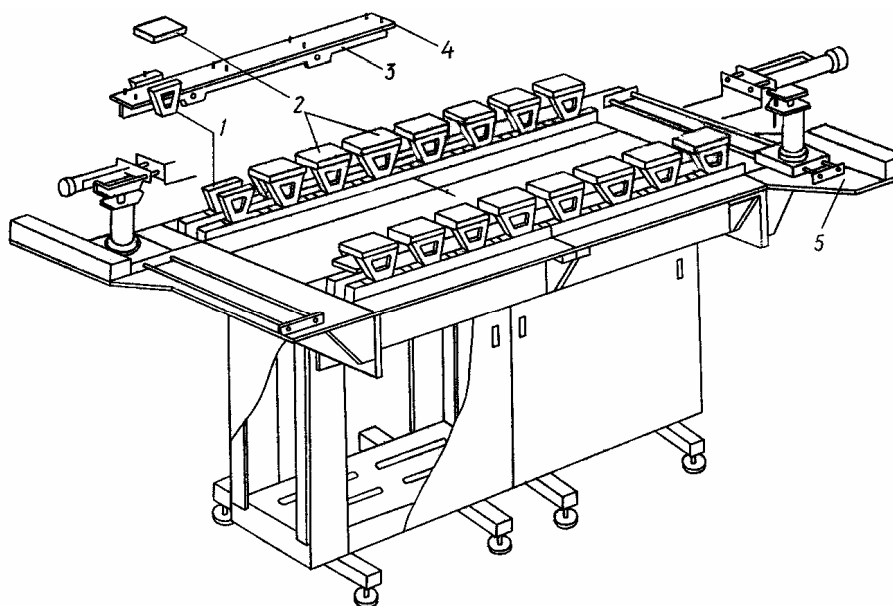
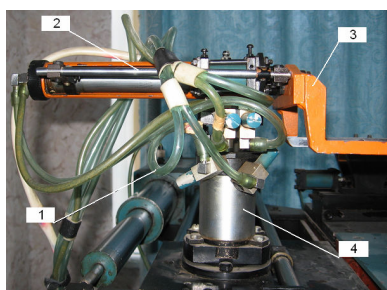
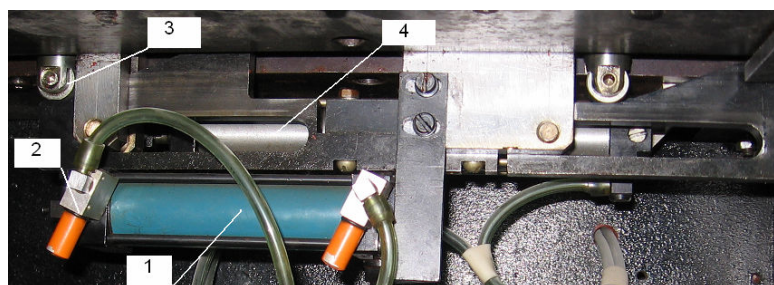


Рисунок 1 - Транспортная горизонтально-замкнутая система: 1 — опора; 2 — спутник; 3 — линейка транспортная; 4 — линейка опорная; 5 — устройство переноса спутников с одной транспортной ветви на другую

Используемые манипуляторы имеют по 3 степени подвижности и пассивные, не имеющие перемещающихся элементов, вилочные захватные устройства с шариковыми фиксаторами для захвата и переноса спутников с одного с одной транспортной ветви на другую (рис.2,а).



а)



б)

Рисунок 2 – а) Манипулятор переноса спутников с одной транспортной ветви на другую: 1 – привод перемещения манипулятора; 2 – привод выдвижения вилочного захвата; 3 – вилочный захват; 4 – привод подъема; б) Приводы продольных транспортеров: 1 – пневмоцилиндр механизма подъема; 2 – пневмодрессель; 3 – опорный ролик механизма подъема; 4 – пневмоцилиндр горизонтального перемещения линеек

Приводы продольных транспортеров выполнены на основе двухсторонних пневмоцилиндров, рис.2,б. Для контроля давления в пневмосети используется реле давления с $P_{ном}=0,1 - 1,0 \text{ МПа}$.

Анализ работы механизмов транспортной системы и количества входных и выходных сигналов позволил сделать вывод о

возможности применения интеллектуального реле Zelio Logic 2 и синтеза программы управления на языке FBD.

Алгоритм решения задачи и результаты

Приведенные выше преимущества логических модулей Zelio Logic позволили в короткий срок синтезировать систему управления горизонтально-замкнутой транспортной системы с использованием программной системы ZelioSoft.

Алгоритм управления горизонтально-замкнутой транспортной системы предполагает следующие действия, приведенные на циклограмме работы механизмов, рис.3.

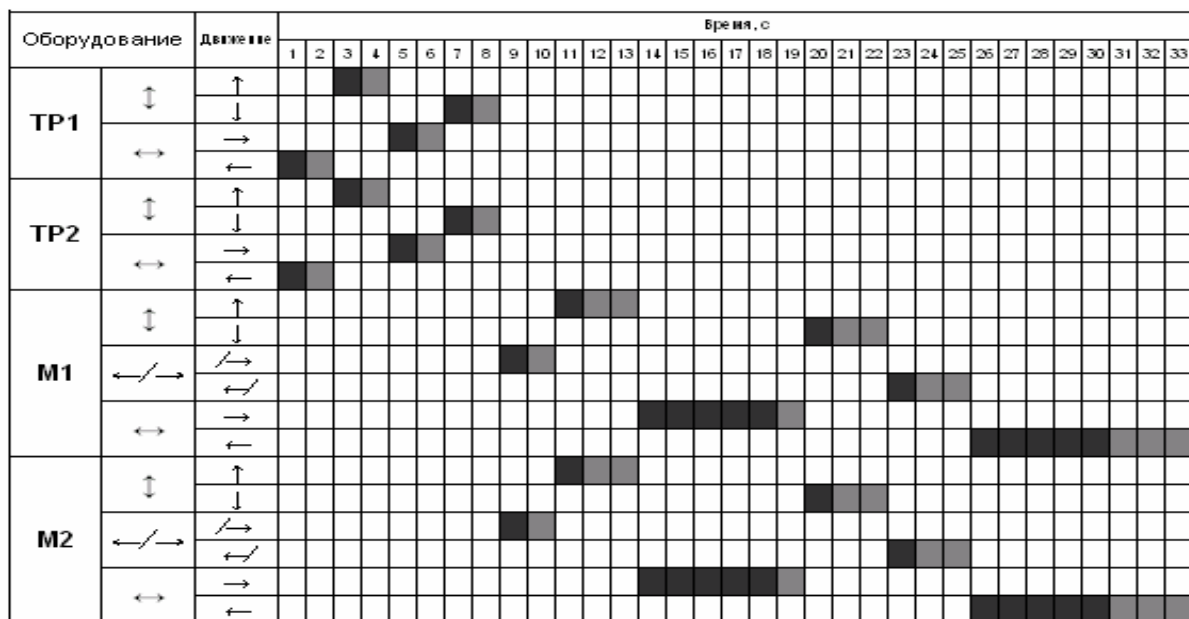


Рисунок 3 - Циклограмма работы механизмов транспортной системы

Транспортные линейки перемещаются влево, поднимаются, захватывая фиксирующими штырями конической формы спутники и снимая их со штырей позиций. Транспортеры перемещаются вперед, после чего происходит опускание линеек со спутниками и фиксация их на следующих позициях. Транспортеры возвращаются в исходное положение. Роботы выдвигают вилочные захваты с шариковыми фиксаторами и захватывают спутники. Модули подъема поднимают механизм выдвижения с захваченными спутниками, после чего оба робота переносят спутники на параллельную транспортную линию. Модули подъема производят движение вниз, при этом спутники надеваются на штыри, вилочные захваты возвращаются в исходное положение, после чего механизмы перемещения роботов возвращают их в исходные положения. Цикл повторяется.

При синтезе системы управления был использован путевой и временной принцип управления. Команды подаются на пневмоклапаны П-ЭПРЗ-112. Пневмоклапаны управляют пневмораспределителями с запоминанием. В системе используются 10 пневмоклапанов, соединенных параллельно попарно.

Входами системы являются сигналы:

SB1 (I1) – кнопка «Пуск»;

SB2 (I2) – кнопка «Стоп»;

SP1 (I3) – сигнал реле давления;

SQ1 (I4) – вилка 1 манипулятора в исходном положении;

SQ2 (I5) – вилка 2 манипулятора в исходном положении;

Выходами системы являются:

Y1, Y6 (Q1) – команда на движение транспортеров влево;

Y2, Y7 (Q2) – команда на движение линеек транспортера вверх;

Y3, Y8 (Q3) – команда на движение вилок манипулятора вверх;

Y4, Y9 (Q4) – команда на движение вилок манипулятора вперед;

Y5, Y10 (Q5) – команда на движение манипулятора вперед;

HL1 (Q6) – сигнальная лампа «нет давления пневмосети»;

HL2 (Q7) – сигнальная лампа «вилка 1 не в исходном состоянии»;

HL3 (Q8) – сигнальная лампа «вилка 2 не в исходном состоянии».

Исходя из количества входных и выходных сигналов, выбрана модель интеллектуального логического модуля Zelio Logic с дисплеем SR2 A201FU, допускающая возможность программирования как на языке FBD, так и на языке LADDER. Количество входов/выходов – 20; дискретных входов – 12; релейных выходов – 8; питание ~ 220 В.

Разработка программы управления на языке FBD

Во время разработки программы на языке FBD был применен блок CAM (кулачковый программатор), блок таймера, элементы NOT, AND, NOR, блоки триггеров, блок счетчика и три блока вывода на дисплей (рис.4). На рисунке также отображенные входные I1-I5 и выходные Q1-Q5 сигналы системы управления.

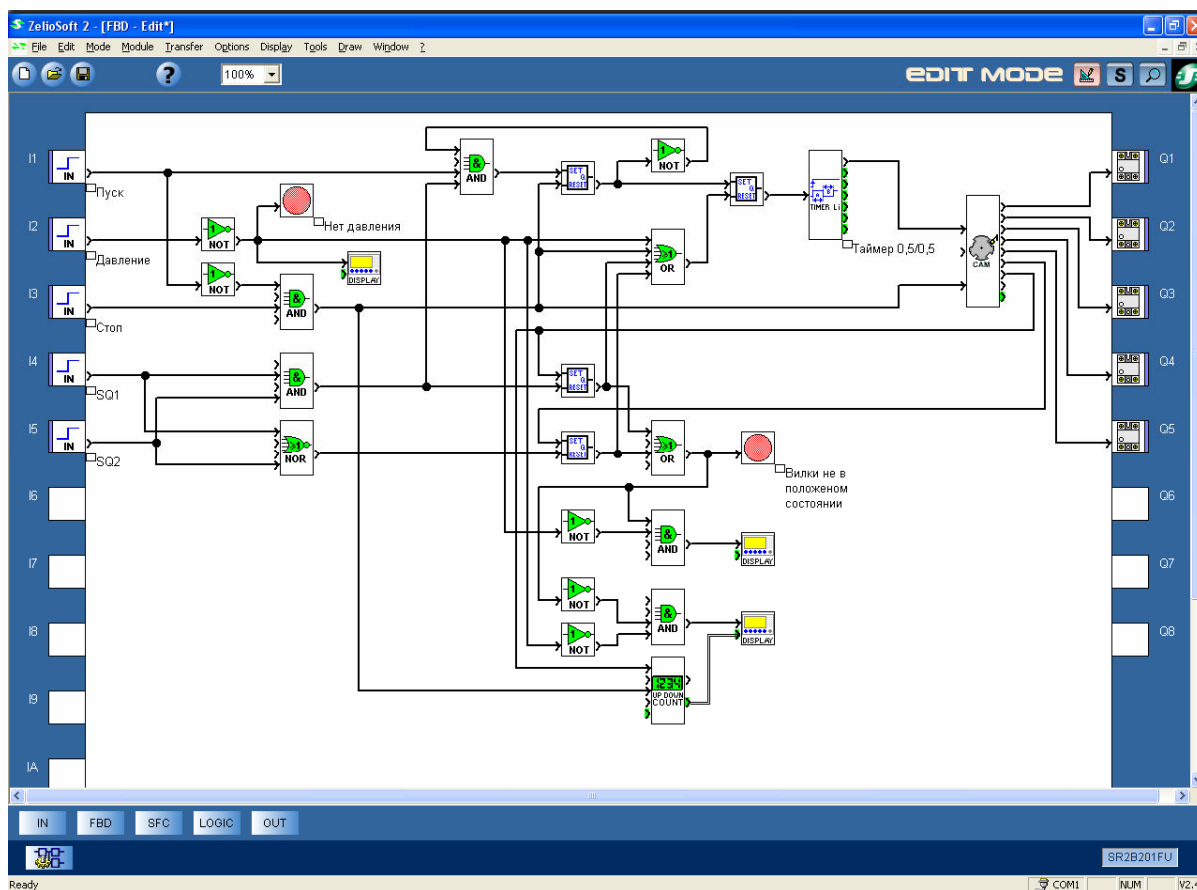
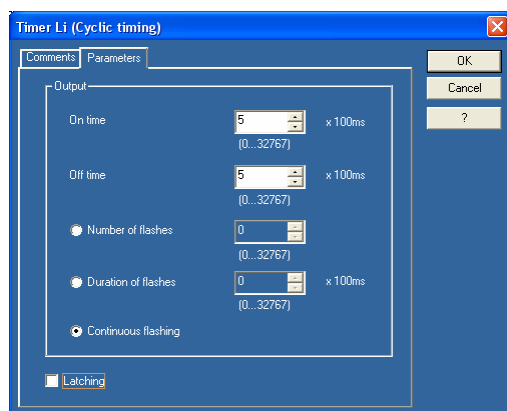


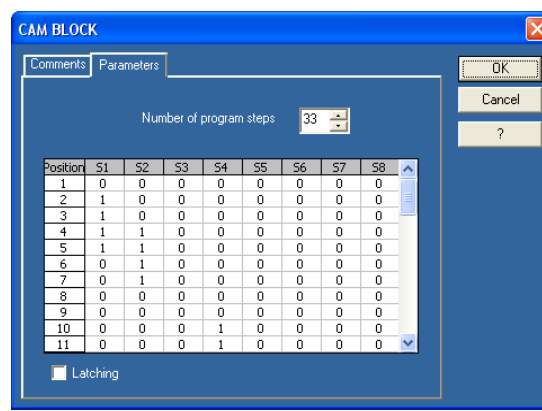
Рисунок 4 - Программа на языке FBD

На рисунке 5,а изображено окно настройки функционального блока таймера типа Li, который выдает импульс каждую одну секунду.

Функциональный блок CAM может содержать до 50 позиций, из которых при разработке программы управления было использовано 33 позиции (рис.5,б). На изображенном окне приведен порядок включения выходных сигналов S1-S8.



а)



б)

Рисунок 5 - Настройка параметров таймера, (а) и блока кулачкового программатора (б)

Сравнения программ управления на языках LADDER и FBD показывает, что программа на языке FBD является более простой, легче разрабатывается и воспринимается пользователями.

Выводы

Использование программной системы Zelio Soft позволило синтезировать систему управления транспортной горизонтально-замкнутой системы на основе модуля SR2B201FU, с тестированием программы в реальном времени. Используемое программное обеспечение позволяет легко регулировать время выполнения движений исполнительных механизмов и обеспечивает синхронизацию работы транспортной системы по переходам, которые лимитируются в реальных условиях производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И. Загарний, Н.О. Ковзель, В.И. Поддубняк, А.И. Стасюк, И.А. Фурман. Программируемые контроллеры для систем управления. Часть 1. Архитектура и технология применения. - Харьков: ХФИ "Транспорт Украины"; - Харьков: Издательство "Регион-информ", 2001. - 316 с.
2. Интеллектуальные реле Zelio Logic. <http://www.sneiderelectric.ru>.
3. Zelio Logic. Интеллектуальные реле. Руководство пользователя. A brand of Sneider Electric, январь 2004г., 151с.
4. Логические модули Zelio Logic. Каталог Sneider Electric, 2004г., 29с.

Получено 30.03.07 г.

УДК 519.272:53.082.5

А.И. Денисенко

К ВЗАИМОСВЯЗИ МНОГОМЕРНЫХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЧАСТИЦ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА И ТЕНЕВЫХ СИГНАЛОВ ОТ НИХ ПО ПАРАМЕТРАМ

Введение

Оптическая диагностика двухфазных плазменных потоков на основе регистрации параметров теневых сигналов от одиночных частиц с применением лазерного излучения для формирования измерительной зоны представляет собой динамически развивающееся направление техники физического эксперимента.

Информация о таких параметрах двухфазных плазменных струй, как скорость, размеры и температуры дисперсных включений, распределение их по потоку, необходимая для аттестации и оптимизации использования этих систем, определяет актуальность разработки и совершенствования невозмущающих бесконтактных методов исследования параметров дисперсной фазы. Работы в этом направлении ведутся во многих странах мира (США, России, Великобритании, Швеции и т.д.) [1-4].

Анализ публикаций

Перспективы энерго- и ресурсосбережения при исследованиях двухфазных плазменных потоков в направлении повышения информационной емкости метода лазерной теневой диагностики связаны с проблемой оптимизации скорости набора информации о параметрах сигналов от частиц, а достоверность экспериментально регистрируемых функций распределений в значительной мере определяется характером временной зависимости поступления этой информации. В результате оптимальной настройки оптического измерительного объема на исследуемую зону двухфазного потока сигналы от частиц разделяются во времени промежутками отсутствия частиц в счетном объеме, а минимизация времени холостой работы счетчика частиц дисперсной фазы, обеспечивает экономическую и информационную эффективность замеров [5].

Многообразие факторов, влияющих на формирование диагностических импульсов при пересечении частицами дисперсной фазы оптической измерительной зоны произвольной конфигурации с стабильным во времени неравномерным распределением интенсивности зондирующего луча, а также определяющих формы и точность взаимосвязей характеристик оптических сигналов и формирующих их частиц двухфазного потока, в основном сводится к эффекту виньетирования.

Основные тенденции совершенствования диагностической аппаратуры на этапе формирования оптического измерительного объема группируются в два направления. Первое направление связано с требованием однозначности связи между параметрами одиночного регистрируемого оптического импульсного сигнала и формирующей этот сигнал частицы, например, между размером частицы и амплитудой оптического сигнала. При этом аппаратными средствами, реализующими жесткие требования к свойствам измерительного объема, добиваются снижения проявлений эффекта виньетирования в регистрируемой информации и отбраковку сигналов от одновременно попадающих в измерительный объем двух или более частиц [6].

Эффект виньетирования проявляется в том, что вся область счетного объема может быть разбита по чувствительности на ряд зон, в которых реакция приемника на попадание в них частиц одного и того же размера и природы отличается на порядки величины. Вследствие того, что частицы, попадающие в граничные зоны счетного объема, формируют сигнал, значительно меньший того значения, которое должно наблюдаться при попадании этих же частиц в центральную зону, уменьшение амплитуды сигнала будет интерпретироваться электронной частью прибора как частицы уменьшенного размера, что обуславливает искажение наблюдаемого спектра размеров частиц дисперсной фазы. С уменьшением размеров измерительного объема, как правило, возрастает степень проявления эффекта виньетирования [2,3].

Второе направление связано с более общим требованием однозначности функциональной связи распределений по параметрам совокупности оптических сигналов и распределений по параметрам совокупности частиц дисперсной фазы, формирующих эту совокупность сигналов. В рамках этого направления разработаны

взаимно независимые методы определения лазерным теневым методом функции распределения по размерам частиц дисперсной фазы для оптического измерительного объема с произвольной конфигурацией стабильного во времени неравномерного распределением интенсивности зондирующего луча [2,3], скорости частиц в полидисперсном потоке [7], температуры светящихся частиц [8,9], объемной функции распределения частиц по размерам в полискоростном потоке [3].

Постановка задачи

В материалах специальных технических публикаций теоретически не рассматривались во взаимосвязи такие вопросы, как способы определения функции распределения по скоростям частиц полидисперсного двухфазного потока при дисперсии пролетных длин в измерительном объеме, а также методика разделения вкладов в амплитуду сигнала от ослабления интенсивности зондирующего луча и от индивидуального свечения пересекающей луч частицы дисперсной фазы плазменного потока при наличии виньетирования.

Впервые автором поставлена задача синтеза на основе методов определения скорости частиц в полидисперсном потоке, температуры светящихся частиц и объемной функции распределения частиц по размерам в полискоростном потоке единого алгоритма определения трехмерной функции распределения по параметрам дисперсной фазы полидисперсного, полискоростного, политемпературного двухфазного потока лазерным теневым методом для оптического измерительного объема с произвольной конфигурацией стабильного во времени неравномерного распределением интенсивности зондирующего луча.

Основная часть

Последовательность этапов функциональных преобразований параметров совокупности диагностических сигналов от частиц дисперсной фазы к трехмерной функции распределения объемных плотностей частиц по параметрам представлена на рис 1. На схеме каждый этап пронумерован в левом верхнем углу символизирующего его прямоугольника, содержащего внутри эллипс или треугольник с итоговой (для этапа) функцией распределения по отмеченным выделенными точками и помеченным соответствующими символами параметрам диагностических импульсов или частиц дисперсной фазы.

Соединения параметров линиями символизируют отнесение этих параметров к одному и тому же объекту (частице дисперсной фазы) как при регистрации характеристик диагностических сигналов, так и при последующих функциональных преобразованиях.

Рассмотрим этапы преобразований параметров диагностических сигналов от частиц дисперсной фазы к трехмерной функции распределения объемных плотностей частиц по параметрам в порядке, соответствующем схеме рис.1.

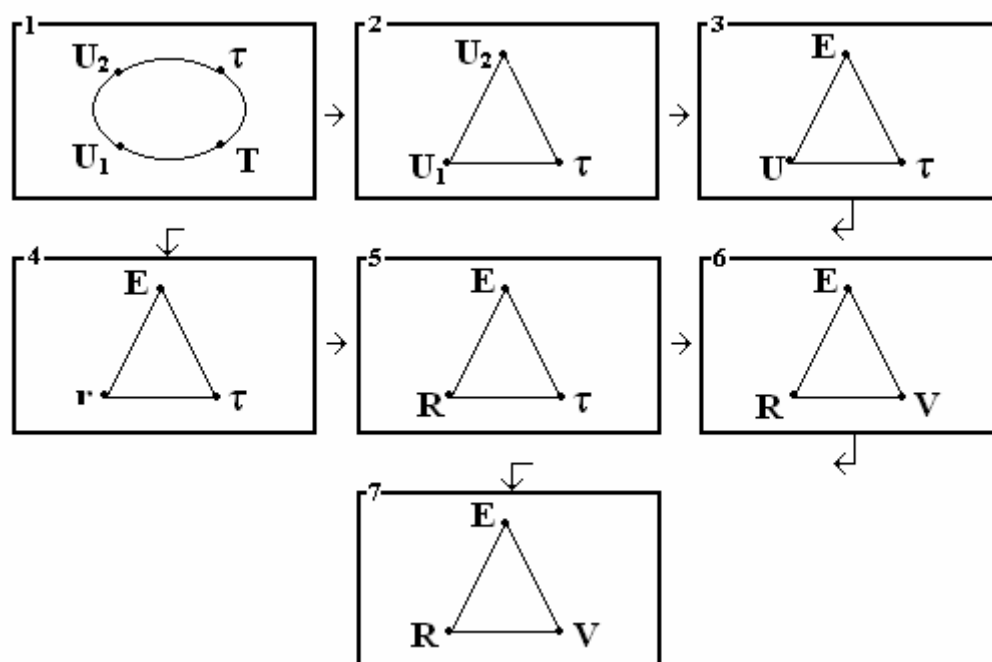


Рисунок 1 - Этапы преобразований функции распределения по параметрам теневого сигнала от частиц дисперсной фазы к трехмерной функции распределения объемных плотностей частиц по параметрам

Этап 1. Экспериментальная регистрация многомерной функции распределения теневого сигнала от частиц двухфазного потока по параметрам.

Пусть экспериментально регистрируемая на последовательных интервалах времени статистическая информация о многомерном распределении по параметрам теневого сигнала от пересекающих оптический измерительный объем частиц дисперсной фазы двухфазного потока представима в виде функции на интервалах амплитуд и сигналов по двум приемным оптическим каналам, длительностей сигналов от частиц, регистрируемых по первому каналу, и длительностей последовательных временных интервалов набора информации.

На рис.2 представлен пример оптической схемы установки для лазерной теневой диагностики частиц дисперсной фазы двухфазного потока. Луч лазера 1 линзой 2 фокусируется в пределах двухфазного потока 3. Частицы дисперсной фазы потока, пересекая измерительный оптический объем, представляющий собой пространственную область фокусировки луча с неравномерным, но стабильным во времени распределением интенсивности, формируют теневые диагностические сигналы.

Делителем 4 луч за областью фокусировки расщепляется в два приемных оптических канала, содержащих фокусирующие линзы 2 и фотоэлектронные преобразователи 6. В один из приемных оптических каналов помещен ослабитель интенсивности лазерного луча 5.

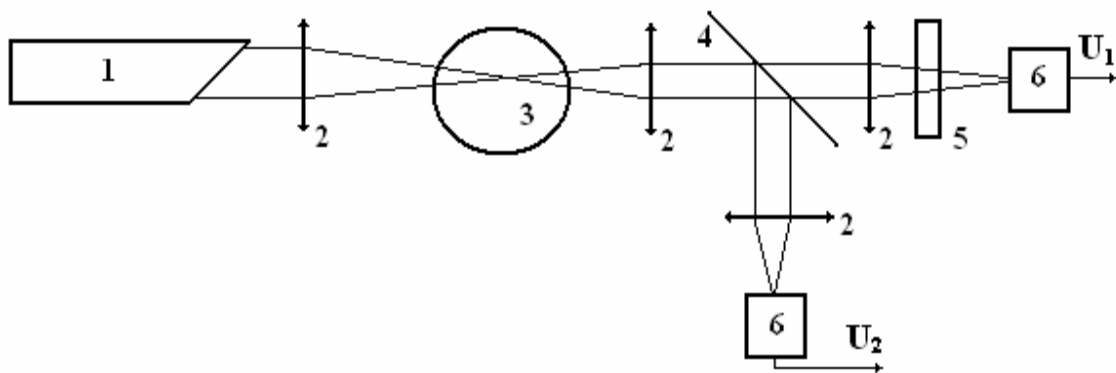


Рисунок 2 - Оптическая схема диагностической установки: 1 – лазер, 2 – линзы, 3 – исследуемый поток, 4 – делитель луча, 5 – ослабитель интенсивности лазерного луча, 6 – фотоэлектронные преобразователи

Функция $f(U_1, U_2, \tau, T)$ в зависимости от способа регистрации может быть задана множеством групп из значений параметров U_1, U_2, τ, T , зарегистрированных в порядке поступления экспериментальной информации, или многомерной статистически непроработанной гистограммой на группах интервалов тех же параметров.

Этап 2. Выделение из функции $f(U_1, U_2, \tau, T)$ стабильного во времени распределения по параметрам $f(U_1, U_2, \tau)$.

В спектрометрах дисперсной фазы регистрация экспериментальной информации может быть выполнена непосредственно на матрице счетчиков импульсов или приведена к такой же структуре последующим распределением сигналов по сеткам интервалов разбиения диапазонов регистрируемых параметров. В

любом из вышеупомянутых вариантов параметру скорости счета присущи затухающие с ростом времени и числа накапливаемых сигналов осцилляции, порождаемые дискретностью характера регистрации. Величина скорости счета, имеющая статистический характер, является основной измеряемой экспериментально характеристикой двухфазного потока в каждой счетной ячейке, образованной пересечением интервалов всех регистрируемых параметров.

Регистрация параметров диагностических сигналов на последовательных интервалах времени длительностями T позволяет вычислительными методами производить количественную оценку стабилизации скорости счета по мере накопления сигналов в любой образованной пересечением интервалов регистрируемых параметров счетной ячейке [5,6].

Вычислительными методами, основанными, например, на эвристических алгоритмах [10] решения задачи таксономии, преобразованием статистически непроработанной гистограммы на первичных (регистрационных) интервалах параметров в гистограмму на объединенных интервалах, может быть выполнено выделение из функции $f(U_1, U_2, \tau, T)$ стабильного во времени распределения по параметрам $f(U_1, U_2, \tau)$ с учетом временной стабилизации пересчитываемой скорости счета в любой, образуемой пересечением объединяемых интервалов регистрируемых параметров, счетной ячейке.

Этап 3. Выделение из функции $f(U_1, U_2, \tau)$ распределения по параметрам $f(U, E, \tau)$.

В тех случаях, когда энергетическая светимость диагностируемых частиц достаточна для влияния на величину амплитуды теневого сигнала, формируемого пересечением частицей лазерного луча, но это не учитывается, свечение частиц приводит к сдвигу амплитуды регистрируемого сигнала в меньшую от соответствующей сигналу от частицы без свечения амплитуде сторону.

Расщепляя зондирующий луч на выходе из исследуемого двухфазного потока на две части (Рис.2), формируем частицей, пересекающей измерительный объем, два сигнала U_1 и U_2 , каждый

из которых определяется как перекрываемой частицей частью сечения оптического измерительного объема, так и той частью ее свечения, которая попадает в измерительный канал. Применение в одном из приемных оптических каналов ослабителя интенсивности лазерного луча позволяет выразить связь регистрируемых величин U_1 и U_2 с параметрами E (поверхностная плотность энергетической светимости частицы) и U (величина сигнала от такой же, но не светящейся частицы) системой двух линейных уравнений [8,9], опираясь на которую и выполнить численными методами преобразование функции распределения $f(U_1, U_2, \tau)$ к виду $f(U, E, \tau)$.

Устранение влияния свечения частиц на амплитуду сигналов позволяет перейти к преобразованию функции распределения по амплитудам сигналов от частиц в функцию распределения по их размерам.

Этап 4. Преобразование функции $f(U, E, \tau)$ распределения по амплитудам сигналов к распределению $f(r, E, \tau)$ по “кажущимся” размерам частиц дисперсной фазы.

На этом этапе преобразования используем результаты предварительной калибровки в форме функционального соответствия размеров r , пропускаемых через оптический измерительный объем частиц дисперсной фазы, и максимальных из соответствующих этим частицам амплитуд U диагностических сигналов.

При однозначной связи величины U амплитуды сигнала с размером r формирующей этот сигнал частицы (характерной для оптического измерительного объема с равномерным по сечению распределением интенсивности луча и обеспечением отбраковки сигналов от частиц, пересекающих края его сечения), применение преобразования $U = f(r)$ переводит функцию распределения по амплитудам сигналов от частиц в функцию распределения по размерам частиц.

При неоднозначной связи величины U амплитуды сигнала с размером r формирующей этот сигнал частицы, (что характерно для стабильного во времени неравномерного распределения интенсивности луча по оптическому измерительному объему, применение преобразования $U = f(r)$ переводит функцию распределения по

амплитудам сигналов от частиц в функцию распределения по “кажущимся” размерам частиц и для выделения из нее функции распределения по размерам необходимо применение методики учета эффекта виньетирования.

Преобразование от $f(U, E, \tau)$ к $f(r, E, \tau)$ с использованием калибровочной функции $U = f(r)$ не затрагивает в этих распределениях функциональную связь с величинами поверхностной плотности E энергетической светимости частиц и длительностями τ сигналов от них.

Этап 5. Преобразование функции распределения $f(r, E, \tau)$ по “кажущимся” размерам в функцию распределения $f(R, E, \tau)$ по размерам частиц дисперсной фазы.

Пусть в результате предварительно произведенной калибровки будет сформирована двумерная функция $U(R, r)$ распределения вероятности регистрации частицы размера R в виде частицы “кажущегося” размера r для используемого оптического измерительного объема [3,11].

Определение функции распределения частиц по размерам на основании функции распределения по “кажущимся” размерам с учетом результатов предварительной калибровки $U(R, r)$ произведем с применением соотношения

$$F(r) = f_n(r) - \int_r^{r_{\max}} F(R) \cdot U(R, r) \cdot dR \quad (1)$$

Для максимального значения диапазона размеров соотношение (1) примет вид:

$$F(r_{\max}) = f_n(r_{\max}) \quad (2)$$

Определение функции $F(r)$ в области $r < r_{\max}$ произведем следующим образом. Разобьем диапазон изменения r , начиная с $r_{\max}$, на интервалы. Для конца первого интервала, прилегающего к $r_{\max}$, соотношение (1) запишем в виде:

$$F(r_1) = f_n(r) - F(r_{\max}) \int_{r_1}^{r_{\max}} U(R, r) \cdot dR \quad (3)$$

В соотношении (3) и далее используется упрощающее допущение — значение функции $F(r)$ на большем краю интервала по r (на стадии преобразования функции распределения по “кажущимся”

размерам в функцию распределения по размерам) присваивается всем r из этого интервала, что позволяет вынести, например, $F(r_{\max})$ за знак интеграла в выражении (3) и произвести вычисление интеграла. Для вычисления интеграла из функции $U(R, r)$ на интервале $[r, r_{\max}]$ по параметру R выделяется для значения r функциональная зависимость по R , которая и интегрируется в указанных для R пределах. После определения значения функции $F(r)$ в точке r_1 на конце первого интервала производим определение функции $F(r)$ в точках r_i на концах остальных интервалов поочередно, используя для этого каждый раз соотношение:

$$F(r_i) = f_n(r_i) - \sum_{p=0}^{i-1} F(r_p) \cdot \int_{r_{p+1}}^{r_p} U(R, r_i) \cdot dR \quad (4)$$

В результате учета эффекта виньетирования для границ интервалов разбиения диапазона по r определим значения $f(R) = F(r)$, отличающиеся на величину суммарного вклада от частиц больших размеров во все части диапазона, соответствующие частицам меньших размеров.

Преобразование от $f(r, E, \tau)$ к $f(R, E, \tau)$ с использованием (4) не затрагивает в этих распределениях функциональную связь между размерами R частиц дисперсной фазы и величинами поверхностной плотности E излучения частиц.

Этап 6. Преобразование функции $f(R, E, \tau)$ распределения по длительностям импульсов от частиц в функцию $f(R, E, V)$ распределения по скоростям частиц дисперсной фазы.

Из распределения $f(R, E, \tau)$ по размерам частиц дисперсной фазы и по длительностям сигналов от них, используя результат предварительно проведенной калибровки по длинам L траекторий в измерительной зоне для частиц разных размеров, приведенный к форме двумерной функции $\Phi(L, R)$ распределения по длинам траекторий и размерам частиц [7], преобразованием

$$f(R, E, V) = \int_{\tau_{\min}}^{\tau_{\max}} f(R, E, \tau) \cdot \Phi(V \cdot \tau - R, R) d\tau \quad (5)$$

(использована оценка $L = V \cdot \tau - R$) перейдем к счетному распределению частиц по скоростям в виде $f(R, E, V)$.

Преобразование от $f(R, E, \tau)$ к $f(R, E, V)$ с использованием (5) не затрагивает в этих распределениях функциональную связь между размерами R частиц дисперсной фазы и величинами поверхностной плотности E излучения частиц.

Этап 7. Преобразование счетной функции $f(R, E, V)$ распределения частиц по их параметрам в функцию $F(R, E, V)$ распределения объемных плотностей частиц по их параметрам.

При преобразовании счетной функции $f(R, E, V)$ распределения частиц по их параметрам в объемную $F(R, E, V)$ учтем функциональный характер зависимости величины площади сечения оптической измерительной зоны от размера частиц дисперсной фазы $S(R)$, а также разброс частиц по скоростям. Из полученной ранее счетной функции $f(R, E, V)$ распределения частиц по их параметрам определим функцию распределения объемных плотностей частиц по их параметрам:

$$F(R, E, V) = \frac{f(R, E, V)}{K_3 \cdot S(R) \cdot V} \quad (6)$$

где нормирующий коэффициент имеет вид:

$$K_3 = \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} \frac{f(R, E, V)}{S(R) \cdot V} dV dE dR \quad (7)$$

Функция распределения частиц по размерам может быть получена из соотношения (6) преобразованием:

$$F(R) = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} F(R, E, V) dV dE \quad (8)$$

Аналогичными преобразованиями могут быть определены из соотношения (6) одно- или двумерные функции распределений для любого сочетания из использованных в нем параметров частиц.

Компонента распределения по поверхностным плотностям энергетической светимости может быть с учетом преобразована в распределение по энергетической светимости частиц и, при наличии функции зависимости коэффициента серости материала частиц от температуры, – в распределение частиц по температурам.

Выводы

На основе сравнительного анализа группы ранее разрозненных методик определения параметров дисперсной фазы по параметрам совокупности импульсных сигналов от частиц положительно решен вопрос о принципиальной возможности определения функции распределения частиц по размерам, скоростям и температурам и синтезирован алгоритм последовательности этапов для измерительного объема произвольной конфигурации с применением лазерного теневого способа формирования сигналов. Основная группа методик определения функций распределения частиц по скоростям, размерам и температурам, а также их парным комбинациям, применяемая для оптических измерительных объемов разных конфигураций, может быть получена из разработанного алгоритма свертками по соответствующим параметрам.

Перспективы практического применения синтезированного алгоритма связаны с развитием и совершенствованием вычислительных методов реализации рассмотренных поэтапных функциональных преобразований а также оценки результата на каждом этапе с учетом комплекса погрешностей измеряемых при многоканальной регистрации статистической информации параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vaulina O.S., Samarian A.A., Denisenko A.I., Nefedov A.V., Chernyshev A.V., Petrov O.F. Analysis of light scattering on particle ordered structure in a thermal plasma // Phys. Lett. – 2001. – A 290.– P.151–156.
2. Samarian A.A, Vaulina O.S., Denisenko A.I., Nefedov A.V., Petrov O.F. Optical Diagnostics of Plasma and Particle in an Atmospheric Pressure Dusty Plasma // Physica Scripta. – 2002. – Vol. 65. – P.1–7,
3. Holve Don., Sidney A. Self optical particle sizing for in situ measurements // Appl. Opt. – 1979. –Vol. 18, №10. – P.1632–1652.
4. Malvern - The practical approach to submicron particle sizing. Master Sizer, 1988.
5. Денисенко А.И., Однороженко В.Б., Нефедов А.П. Оптимизация скорости накопления статистической информации лазерным спектрометром дисперсной фазы. // Измерения в потоках. Методы, аппаратура и применение. – Москва, 1990. – С 12.
6. Тігарев А.М. Контроль та управління дисперсним складом порошків у технологічних процесах їх виробництва: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2004. – 20 с.

7. Денисенко А.И., Однороженко В.Б., Кузнецов А.Н., Патеюк Н.Г. Преобразование распределения сигналов по длительности в распределение частиц дисперсной фазы по скоростям. // Измерения в потоках. Методы, аппаратура и применение. – Москва, 1990. – С 11.
8. Способ измерения температуры движущихся объектов: А.с. № 805082 СССР, МКИ G01j 5/50/ А.И. Денисенко и др. – № 2735905; Заявл 06.03.79; Оpubл. 15.02.81 в Б.И. №6.
9. Способ измерения температуры движущихся объектов: А.с. № 761853 СССР, МКИ G01j 5/52/ А.И. Денисенко и др. – № 2645549; Заявл 11.07.78; Оpubл. 07.09.80 в Б.И. №33.
10. Денисенко О.І. До проблеми виділення функції розподілу по параметрах імпульсів з гістограм при лазерній діагностиці дисперсної фази плазмових потоків. // Україна наукова 2003. – Дніпропетровськ, 2003. – Т. 31. – С. 24 –26.
11. Денисенко А.И., Денисенко С.А. К анализу функций распределения частиц дисперсной фазы по параметрам. // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі. – Кривий Ріг, 2005. – Том 2. – С. 119 –124.

Получено 13.12.06 г.

УДК 681.04

Ю.Д.Полисский

ДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ НА ДВА

Введение. Проблема повышения производительности вычислительных структур и надежности вычислений может быть эффективно решена на основе представления данных в системе остаточных классов (СОК) [1]. Достоинства СОК, подробно изложенные в [2,3], заключаются в высокой степени параллелизма при выполнении арифметических операций сложения, вычитания и умножения. Несколько сложнее обстоят дела при реализации немодульных операций, требующих знания всего числа в целом. К таким операциям относится, в частности, операции деления числа на два.

Постановка задачи. При изложении статьи будем использовать определения и обозначения, приведенные в [4]. Таким образом, СОК называется система счисления, в которой произвольное число N представляется в виде набора наименьших неотрицательных остатков по модулям $m_1, m_2, \dots, m_n$, т.е.

$$N = [N \pmod{m_1}, N \pmod{m_2}, \dots, N \pmod{m_n}]$$

или

$$N = (\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_n) \quad (1)$$

Здесь $\bar{b}_i = N \pmod{m_i}$. При этом, если числа m_i взаимно простые, то представление числа N в виде (1) является единственным, а объем диапазона $[0, M)$ представимых чисел в этом случае равен

$$M = m_1 m_2 \dots m_n \quad (2)$$

Пусть $m_n = 2$. Будем отличать числа первой $R1$ и второй $R2$ половины диапазона.

$$N \in \begin{cases} R1, 0 \leq N < \frac{M}{2}, \\ R2, \frac{M}{2} \leq N < M. \end{cases} \quad (3)$$

Пусть в системе с основаниями $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ даны два числа $N_1 = (\bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_n)$ и $N_2 = 2 = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ и пусть $E_1 = (e_1, e_2, \dots, e_n)$ –

частное от деления N_1 на N_2 . Тогда, если деление точно выполнимо, т.е. N_1 кратно N_2 , то

$$E \in R1 \quad (4)$$

$$\varepsilon_i = \left(\frac{\alpha_i}{\beta_i} \right) (\text{mod } m_i) \quad (5)$$

Тогда все остатки частного, кроме остатка по модулю m_n , определяются формальным делением остатков $\bar{b}_i$ на остатки v_i . Для модуля m_n имеем неопределенность $0/0$, которую требуется раскрыть.

Основная часть. Решение поставленной задачи связано с определением принадлежности числа данной половине диапазона. Пусть системой оснований полиадического кода также является система $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$. Тогда число E в полиадическом коде представляется следующим образом

$$E = p_1 + p_2 m_1 + p_3 m_1 m_2 + \dots + p_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + p_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2} + p_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}, \quad (6)$$

где p_i - позиционная характеристика числа по модулю m_i , $0 < p_i \leq m_i - 1$.

Пусть $E_1 = p_1 + p_2 m_1 + p_3 m_1 m_2 + \dots + p_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + p_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2}$.

Число $0 \leq p_1 + p_2 m_1 + p_3 m_1 m_2 + \dots + p_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + p_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2} < \frac{M}{2}$, т.е.

является числом первой половины. Поэтому отношение числа E к первой или второй половине диапазона определяется значением p_n , т.е.

$$p_n = \begin{cases} 0, & E \in R1, \\ 1, & E \in R2. \end{cases} \quad (7)$$

Задача определения принадлежности числа данной половине диапазона сводится, таким образом, к нахождению p_n . В [4] предложен простой метод определения принадлежности числа данной половине, основанный на приведении итеративным путем числа E к нижней границе своей половины диапазона, при котором на i -ой итерации определяется приведенный остаток $\tilde{\varepsilon}_i = p_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} (\text{mod } m_i)$ и рассчитывается $E^i = E^{i-1} - \Delta^i$, где $\Delta^i = p_i m_1 m_2 \dots m_{i-1}$. Поскольку $\tilde{\varepsilon}_n = p_n m_1 m_2 \dots m_{n-1} (\text{mod } m_n)$, а все модули $m_1, m_2, \dots, m_n$ нечетные, то $\tilde{\varepsilon}_n = p_n$. Поэтому условие (7) сводится к определению значения приведенного остатка $\tilde{\varepsilon}_n$ после выполнения n -ой итерации, т.е.

$$\tilde{e}_n = \begin{cases} 0, E \in R1, \\ 1, E \in R2. \end{cases} \quad (8)$$

При этом в соответствии с [4] значения $\tilde{e}_i$ на i -ой итерации определяются на основании значений $\tilde{e}_{i-1}$ путем вычитания определенных констант, получаемых простой выборкой из таблиц, предварительно построенных для принятой системы модулей и их упорядоченности. Тогда на каждой итерации выполняется только операция вычитания для все сокращающегося количества модулей.

В результате метод деления на 2 сводится к следующему. После выполнения формального деления и получения значений $\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \dots, \tilde{e}_{n-1}$ принимаем в качестве остатка e_n по модулю m_n значение, например, $e_n = 0$. Затем описанным выше итеративным путем находим $\tilde{e}_n$. Поскольку в соответствии с (4) $E \in R1$, полученное значение $\tilde{e}_n$ должно (8) равняться 0. Если такое условие выполнено, то результатом деления является число $E = (\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \dots, \tilde{e}_{n-1}, 0)$, в противном случае $E = (\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \dots, \tilde{e}_{n-1}, 1)$.

Проиллюстрируем изложенное на примере для системы модулей $m_1 = 5, m_2 = 7, m_3 = 3, m_4 = 11, m_5 = 2$. Диапазон чисел $0 \div 2309$. Делимое $N_1 = 1846 = (1, 5, 1, 9, 0)$, делитель $N_2 = 2 = (2, 2, 2, 2, 0)$.

Результат формального деления

$$E = (e_1 = 3, e_2 = 6, e_3 = 2, e_4 = 10, e_5 = 0/0)$$

Принимаем значение $e_5 = 0$.

На первой итерации для $\tilde{e}_1 = 3$ выбираем из табл.1 $\Delta^1_2 = 3, \Delta^1_3 = 0, \Delta^1_4 = 3, \Delta^1_5 = 1$ и получаем $E^1 = (0, 3, 2, 7, 1)$.

На второй итерации для $\tilde{e}_2 = 3$ выбираем из табл.2 $\Delta^2_3 = 1, \Delta^2_4 = 10, \Delta^2_5 = 0$ и получаем $E^2 = (0, 0, 1, 8, 1)$.

На третьей итерации для $\tilde{e}_3 = 1$ выбираем из табл.3 $\Delta^3_4 = 4, \Delta^3_5 = 0$ и получаем $E^3 = (0, 0, 0, 4, 1)$.

Таблица 1

Остатки для mod	Константы для mod			
$m_1 = 5$	$m_2 = 7$	$m_3 = 3$	$m_4 = 11$	$m_5 = 2$
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
2	2	2	2	0
3	3	0	3	1
4	4	1	4	0

Таблица 2

Остатки для mod	Константы для mod		
$m_2 = 7$	$m_3 = 3$	$m_4 = 11$	$m_5 = 2$
0	0	0	0
1	0	4	1
2	0	8	0
3	1	10	0
4	1	3	1
5	2	5	1
6	2	9	0

Таблица 3

Остатки для mod	Константы для mod	
$m_3 = 3$	$m_4 = 11$	$m_5 = 2$
0	0	0
2	2	1
1	4	0

На четвертой итерации для $\tilde{e}_4 = 4$ выбираем из табл.4 $\Delta_5^4 = 0$ и получаем $E^4 = (0, 0, 0, 0, 1)$.

Поскольку $\tilde{e}_5 = 1$, то в соответствии с (8) результат деления должен принадлежать второй половине диапазона. Однако по (4) результат деления на 2 относится к первой половине диапазона. Поэтому действительное значение $e_5 = 1$.

Следовательно, результат деления $E = 923 = (3, 6, 2, 10, 1)$.

Структурная схема устройства для выполнения операции деления по данному методу представлена на рисунке.

Таблица 3

Остатки для mod	Константы для mod
$m_4 = 11$	$m_5 = 2$
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1

Таким образом, рассмотрено решение задачи деления на два числа, представленного в системе остаточных классов. Метод решения базируется на определении приведенного остатка по модулю 2 на основе полученных приведенных остатков частного по остальным модулям системы. Такое определение выполняют последовательным вычитанием констант из полученных приведенных остатков частного. При этом константы на каждой итерации выбираются в зависимости от значения остатка, полученного на предыдущей итерации. Предложенный метод имеет высокое быстродействие и позволяет повысить эффективность функционирования вычислительных структур, работающих в системе остаточных классов.

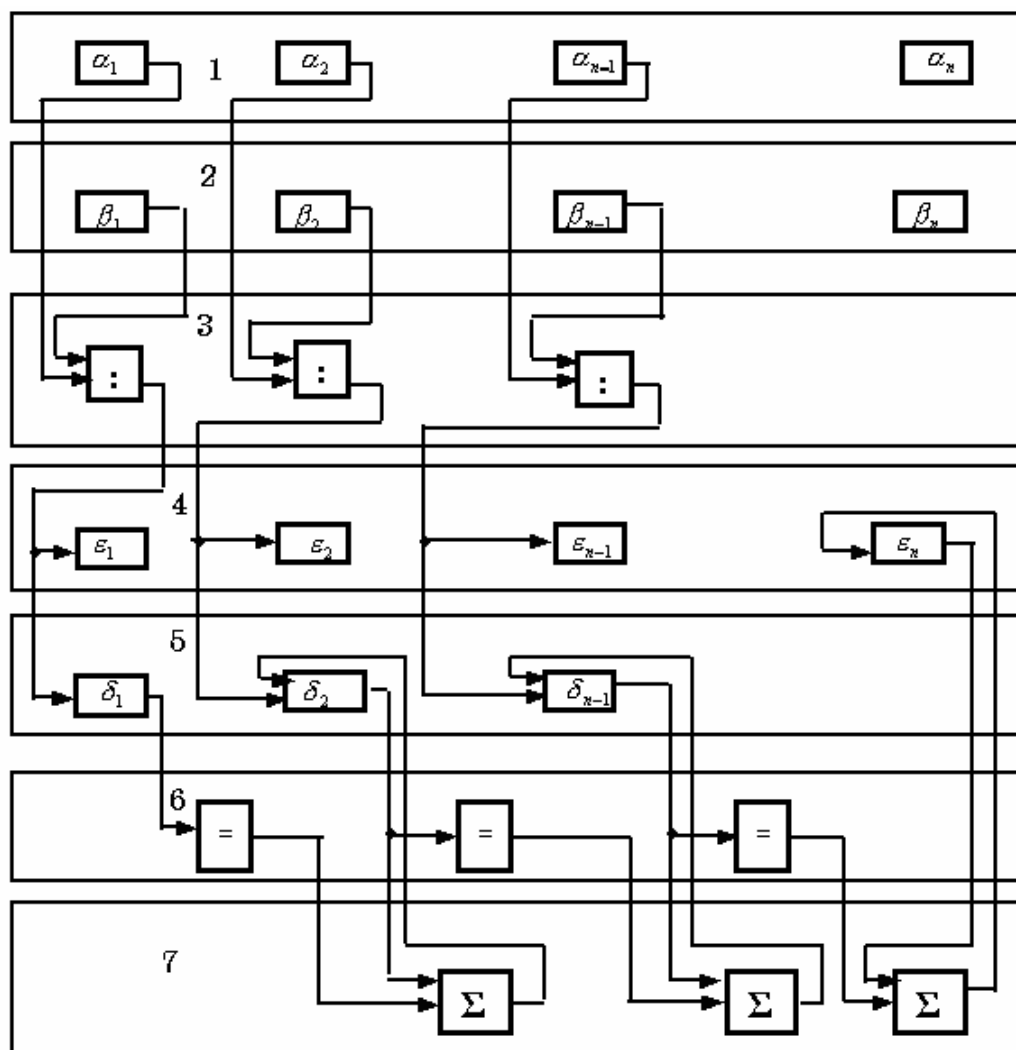


Рисунок 1 - Структурная схема устройства для выполнения операции деления: 1.Регистр делимого; 2.Регистр делителя; 3. Блок модульных делителей; 4.Регистр частного; 5.Блок промежуточных результатов; 6.Блок выбора констант; 7.Блок модульных сумматоров

ЛИТЕРАТУРА

1. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. - М.: Советское радио, 1968. - 440 с.
2. Кнут Д. Искусство программирования, Т.2. Получисленные алгоритмы. - М.:Вильянс, 2001. - 832 с.
3. Червяков Н.И. Методы и принципы построения модульных нейрокомпьютеров. Сайт <http://www.computer-museum.ru/>, 2005
4. Полисский Ю.Д. О выполнении сложных операций в системе остаточных классов// Электронное моделирование. - 2006.- Т.28. - №3. - С.117-123.

Получено 18.01.07 г.

УДК 681.3.07

Д.К. Киношенко

МЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ ПОИСКЕ В КОЛЛЕКЦИЯХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**Введение**

Парадигма сравнения с эталоном является одной из важнейших в задачах обработки изображений и, вообще говоря, распознавания образов. Различие (сходство) между изображениями измеряется различными способами, но, естественно, предпочтение отдается метрикам. Напомним, что неотрицательная вещественная функция на некотором множестве X , т.е. $\rho: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+$, является метрикой, если для любых $x, y, z \in X$, выполняются аксиомы:

- тождества, т.е. $\rho(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$
- симметрии, т.е. $\rho(x, y) = \rho(y, x)$
- неравенства треугольника, т.е. $\rho(x, z) \leq \rho(x, y) + \rho(y, z)$.

При ослаблении аксиомы тождества (учете только рефлексивности, т.е. $\rho(x, y) = 0 \Leftarrow x = y$) функция ρ является псевдометрикой, т.к. могут существовать несовпадающие объекты, для которых $\rho(x, y) = 0$. Если не выполняется неравенство треугольника, то можно говорить лишь о мере сходства (расстоянии). Если же неравенство треугольника заменяется более сильным соотношением $\rho(x, z) \leq \max\{\rho(x, y), \rho(y, z)\}$, то функция ρ представляет собой ультраметрику, обеспечивающую синтез иерархических структур.

В задачах обработки изображений чаще всего используются метрики: Манхэттанская, евклидова, Минковского. Однако расширение спектра решаемых задач, в частности, развитие информационно-поисковых схем контекстного поиска изображений, приводит к необходимости применения нетрадиционных мер сходство/различия, часто коррелирующих с интерпретацией изображений в конкретных предметных областях. В частности можно указать: метрику, трансформирующую локальную информацию в структурное сходство [1], функцию, учитывающую корреляцию

между смежными пиками гистограмм [2], метрики, оценивающую сложность преобразований законов распределения (например, EMD – the Earth Mover’s Distance) [3,4], модифицированную метрику Минковского, активирующую различные наборы признаков для различных объектов [5] и т.д. Обобщая анализ, следует подчеркнуть, что все метрики оперируют с парами объектов трех типов: точка – точка, точка – множество, множество – множество. Однако распространение кластерных подходов требует новых типов метрик, в частности, обеспечивающих сравнение множеств множеств – разбиений или покрытий исходных наборов данных. Работа посвящена исследованию метрики такого типа.

Постановка задачи

Задача сильной кластеризации (синтеза разбиений) в самом общем виде представляется отображением $\Phi: \Omega \rightarrow \Pi_{\Omega}$, где Π_{Ω} – разбиение множества Ω . Подчеркнем, что, с одной стороны, сегментация изображений – это типичная задача поиска кластеров в поле зрения с целью поиска областей, максимальным образом соответствующих носителям изображений наблюдаемых объектов [6]. С другой стороны, при поиске изображений в базах данных с запросом «ad exemplum» кластеризация в пространствах признаков или собственно изображений – основной инструмент, обеспечивающий приемлемое быстродействие [7]. Следует особо подчеркнуть особую роль вложенных разбиений множеств. Во-первых, они обеспечивают стратифицированный поиск в базах изображений, т.к. лежат в основе всех процедур иерархической кластеризации [8]. Во-вторых, поиск компромисса между недостаточной и чрезмерной сегментацией, т.е. определение рациональной степени детализации видеокadra оказывает существенное воздействие на алгоритмы интерпретации изображений в целом и, в частности, представляет интерес с точки зрения контекстного описания изображений при выполнении поиска [9]. Решение указанных задач невозможно без учета метрических свойств, обеспечивающих объективное сравнение вариантов разбиений. Цель работы – изучение возможностей определения сходства вложенных разбиений.

Пусть задано произвольное измеримое множество Ω с мерой $\mu(\Omega) < \infty$, т.е. для любого $A \subset \Omega$ существует конечное число $\mu(A)$ – мера (длина, площадь, объем, в конечном случае – количество элементов и т.п.). Пусть, кроме того, F_Ω – множество всех (измеримых) подмножеств.

Рассмотрим множество $\Pi_\Omega \subset F_\Omega$ конечных (по числу элементов) разбиений множества Ω таких, что $\beta \in \Pi_\Omega, \beta = \{B_j\}_{j=1}^m, B_j \in F_\Omega$, (рис. 1)

$$\left. \begin{aligned} \forall j, j' \in \{1, \dots, m\} : j \neq j' \Rightarrow B_j \cap B_{j'} = \emptyset \\ B_1 \cup \dots \cup B_m = \Omega \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

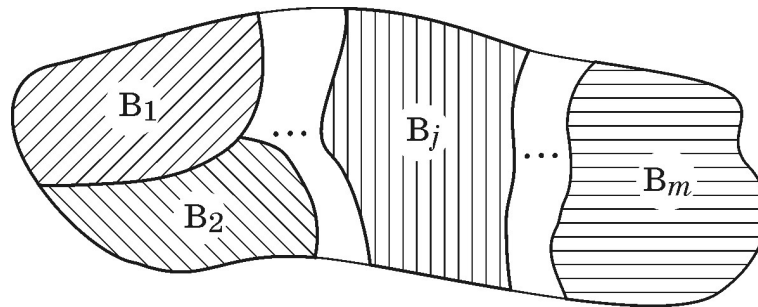


Рисунок 1 - Пример разбиения множества

На декартовом квадрате $\Pi_\Omega \times \Pi_\Omega$ функционал

$$\rho(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu(A_i \Delta B_j) \mu(A_i \cap B_j) \quad (2)$$

где $\alpha, \beta \in \Pi_\Omega$ и $\alpha = \{A_i\}_{i=1}^n, \beta = \{B_j\}_{j=1}^m, A_i \Delta B_j = (A_i \setminus B_j) \cup (B_j \setminus A_i)$ – симметрическая разность, является метрикой [10,11]. Задача работы заключается в конкретизации функционала (2) для вложенных разбиений.

Метрика на вложенных разбиениях

Рассмотрим ситуацию, когда одно разбиение вложено в другое, т.е. обеспечивает более детальное представление информации, а фактически – «измельчает» его. Сформулируем это более точно.

Пусть имеются два разбиения $\alpha = \{A_i\}_{i=1}^n$ и $\beta = \{B_j\}_{j=1}^m$ произвольного множества Ω . Будем считать, что одно разбиение вложено в другое, например, $\alpha \subset \beta$.

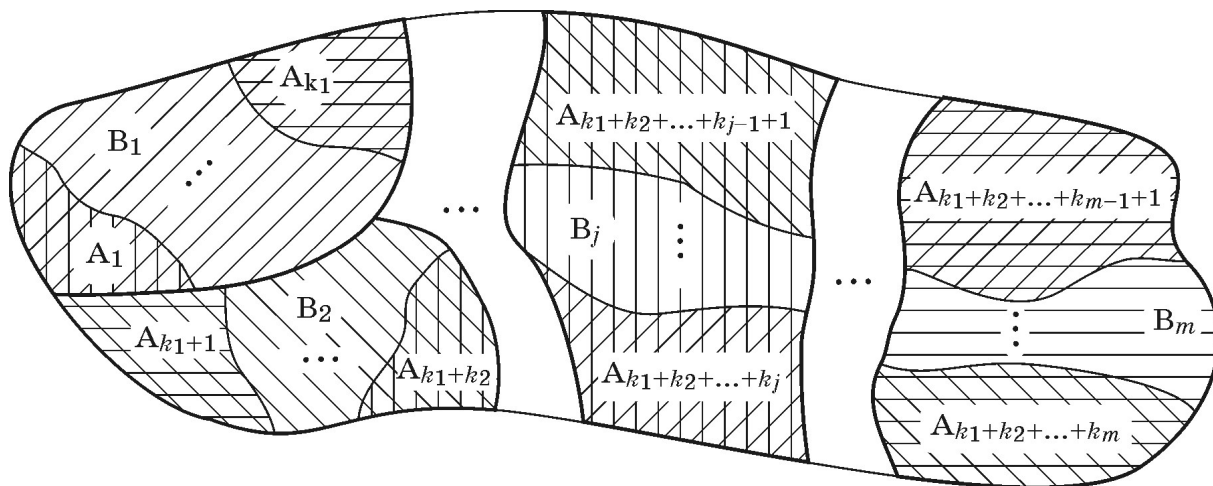


Рисунок 2 - Пример вложенных разбиений для рис. 1

В теоретико-множественном смысле вложенность $\alpha \subset \beta$ означает, что для любого $A_i \in \alpha$ найдется $B_j \in \beta$, для которых $A_i \subseteq B_j$. В общем случае α как разбиение «измельчает» разбиение β , т.е. в любом элементе разбиения $B_j \in \beta$ может находиться k_j элементов разбиения α , что схематично представлено на рис. 2.

Таким образом, нетрудно заметить, что разбиение β распадается на m подразбиений $\alpha_1, \dots, \alpha_m$, т.е. $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$, где

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = \{A_1, \dots, A_{k_1}\}; \\ \alpha_2 = \{A_{k_1+1}, \dots, A_{k_1+k_2}\}; \\ \dots \\ \alpha_j = \{A_{k_1+k_2+\dots+k_{j-1}+1}, \dots, A_{k_1+k_2+\dots+k_j}\}; \\ \dots \\ \alpha_m = \{A_{k_1+k_2+\dots+k_{m-1}+1}, \dots, A_{k_1+k_2+\dots+k_m}\}, \end{array} \right. \quad (3)$$

т.е. α_j ($j \in \overline{1, m}$) представляет собой разбиение множества B_j и содержит k_j элементов разбиения α с номерами от $k_1 + k_2 + \dots + k_{j-1} + 1$ до $k_1 + k_2 + \dots + k_j$. При этом

$$B_j = \bigcup_{i=k_1+k_2+\dots+k_{j-1}+1}^{k_1+k_2+\dots+k_j} A_i$$

$$\text{а } k_1 + k_2 + \dots + k_m = n.$$

Для любой пары множеств A_i и B_j ($i \in \overline{1, n}$; $j \in \overline{1, m}$) возможны три варианта:

$$a) A_i \subset B_j, \text{ когда } k_j \neq 1 \text{ и } A_i \in \alpha_j;$$

б) $A_i = B_j$ когда $k_j = 1$ и $\alpha_j = \{A_i\}$;

в) $A_i \cap B_j = \emptyset$, когда $\alpha_j \notin \alpha_j$.

Если множество всех пар (i, j) разбить на три непересекающихся подмножества z_1, z_2, z_3 , соответствующих указанным соотношениям, то функционал $\rho(\alpha, \beta)$ будет иметь вид

$$\begin{aligned} \rho(\alpha, \beta) = & \sum_{(i,j) \in z_1} \mu(A_i \Delta B_j) \mu(A_i \cap B_j) + \\ & + \sum_{(i,j) \in z_2} \mu(A_i \Delta B_j) \mu(A_i \cap B_j) + \\ & + \sum_{(i,j) \in z_3} \mu(A_i \Delta B_j) \mu(A_i \cap B_j). \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку в варианте б) $A_i \Delta B_j = \emptyset$, т.е. $\mu(A_i \Delta B_j) = 0$, а в варианте в) $A_i \cap B_j = \emptyset$, т.е. $\mu(A_i \cap B_j) = 0$, то в равенстве (4) два последних слагаемых станут равными 0. В итоге получаем

$$\rho(\alpha, \beta) = \sum_{(i,j) \in z_1} \mu(A_i \cap B_j) + \mu(A_i \Delta B_j) \quad (5)$$

Если учесть, что при $A_i \subset B_j$, $A_i \cap B_j = A_i$, $A_i \Delta B_j = B_j \setminus A_i$, то из (5) будем иметь

$$\rho(\alpha, \beta) = \sum_{(i,j) \in z_1} \mu(A_i \cap B_j) + \mu(A_i \Delta B_j) \quad (6)$$

При этом множества из разбиения α допускают естественную перенумерацию из двойных индексов с учетом равенств (3), т.е.

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha_1 &= \{A_{11}, \dots, A_{1k_1}\}; \\ \alpha_2 &= \{A_{21}, \dots, A_{2k_2}\}; \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_j &= \{A_{j1}, \dots, A_{jk_j}\}; \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_m &= \{A_{m1}, \dots, A_{mk_m}\}, \end{aligned} \right.$$

где $j \in \overline{1, m}$, а $B_j = \bigcup_{i=1}^{k_j} A_{ji}$. В этом случае

$$B_j \setminus A_{ji} = \bigcup_{l=1}^{k_j} A_{jl} \quad (7)$$

$j \in \overline{1, m}, i \in \overline{1, k_j}$. Из (6) и (7) тогда вытекает

$$\rho(\alpha, \beta) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \left[\sum_{i'=1}^{k_j} \mu(A_{ji'}) \right] \quad (8)$$

т.е. расстояние между разбиениями α и β определяется мерами элементов разбиения α . Разбиение β (более «крупное») определяет только в какой, условно говоря, «комбинации» участвуют значения $\mu(A_{ji})$.

Укажем эквивалентную форму записи метрики (2).

В силу аддитивности меры для любых двух множеств X и Y имеем

$$\begin{aligned}\mu(X) &= \mu(X \setminus Y) + \mu(X \cap Y), \\ \mu(Y) &= \mu(Y \setminus X) + \mu(X \cap Y).\end{aligned}$$

Принимая во внимание, что $X \Delta Y = (X \setminus Y) \cup (Y \setminus X)$, получаем

$$\mu(X) + \mu(Y) = \mu(X \setminus Y) + \mu(Y \setminus X) + 2\mu(X \cap Y) = \mu(X \Delta Y) + 2\mu(X \cap Y)$$

откуда следует

$$\mu(X \Delta Y) = \mu(X) + \mu(Y) - 2\mu(X \cap Y)$$

Используя это равенство и полагая $X = A_i, Y = B_j$, находим

$$\begin{aligned}\rho(\alpha, \beta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu(A_i \Delta B_j) \mu(A_i \cap B_j) = \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu(A_i \cap B_j) [\mu(A_i) + \mu(B_j) - 2\mu(A_i \cap B_j)] = \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu(A_i) \mu(A_i \cap B_j) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu(B_j) \mu(B_j \cap A_i) - 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2 = \\ &= \sum_{i=1}^n \mu(A_i) \sum_{j=1}^m \mu(A_i \cap B_j) + \sum_{j=1}^m \mu(B_j) \sum_{i=1}^n \mu(A_i \cap B_j) - 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2.\end{aligned}$$

В этой цепочке равенств выделим суммы вида $\sum_{j=1}^m \mu(A_i \cap B_j)$ и $\sum_{i=1}^n \mu(B_j \cap A_i)$, для которых укажем достаточно очевидное, но важное свойство. Это свойство справедливо для любого подмножества (в первом случае – это A_i , во втором – B_j) и произвольного разбиения (в первом случае – это β , во втором – α). Рис. 3 иллюстрирует первый случай.

Нетрудно понять: при любых значениях i и j ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$) получаем, что $\sum_{j=1}^m \mu(A_i \cap B_j) = \mu(A_i)$, $\sum_{i=1}^n \mu(B_j \cap A_i) = \mu(B_j)$. Подставляя эти равенства в полученное для $\rho(\alpha, \beta)$ выражение, окончательно находим равносильное представление метрики (2)

$$\rho(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2 + \sum_{j=1}^m [\mu(B_j)]^2 - 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2$$

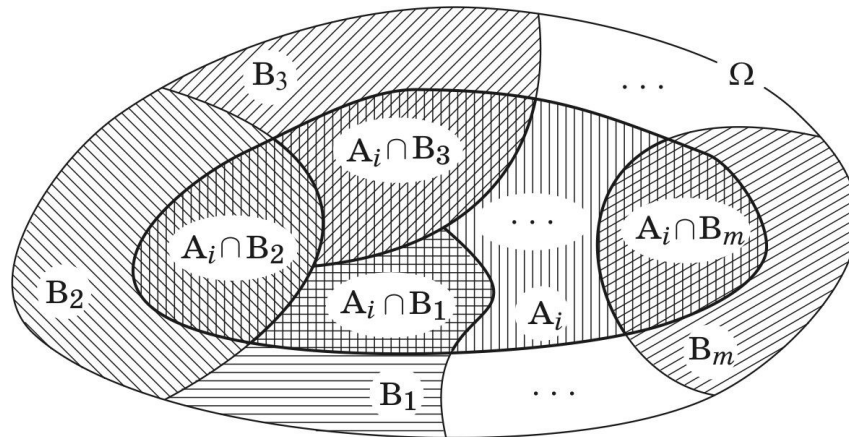


Рисунок 3 - К пояснению поиска пересечения подмножества и разбиения

Воспользуемся полученным соотношением. В рассматриваемой ситуации, поскольку для любого A_i найдется единственное $B_{j'}$, для которого A_i является подмножеством, то все суммы вида

$$\sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2$$

трансформируются в одно слагаемое, т.е.

$$\sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2 = [\mu(A_i \cap B_{j'})]^2 = [\mu(A_i)]^2$$

Тогда для функционала $\rho(\alpha, \beta)$ будет справедлива следующая цепочка равенств

$$\begin{aligned} \rho(\alpha, \beta) &= \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2 + \sum_{j=1}^m [\mu(B_j)]^2 - 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [\mu(A_i \cap B_j)]^2 = \\ &= \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2 + \sum_{j=1}^m [\mu(B_j)]^2 - 2 \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2 = \\ &= \sum_{j=1}^m [\mu(B_j)]^2 - \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2. \end{aligned}$$

Окончательно, с учетом обозначения $S(\alpha) = \sum_{i=1}^n [\mu(A_i)]^2$, мы можем сформулировать

Утверждение 1. Для любых двух конечных разбиений $\alpha, \beta \in \Pi_\Omega$ произвольного измеримого множества Ω , если $\alpha \subset \beta$, то

$$\rho(\alpha, \beta) = S(\beta) - S(\alpha).$$

С другой стороны любой элемент разбиения β , т.е. множество B_j представляет собой объединение непересекающихся элементов разбиения α , а именно

$$B_j = \bigcup_{i=1}^{k_j} A_{ji}, \quad j \in \overline{1, m},$$

тогда

$$\sum_{j=1}^m [\mu(B_j)]^2 = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \right)^2 = \sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{i=1}^{k_j} [\mu(A_{ji})]^2 + 2 \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{i'=i+1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \mu(A_{ji'}) \right\}. \quad (10)$$

Учтем теперь тот факт, что

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} [\mu(A_{ji})]^2 = S(\alpha) \quad (11)$$

поскольку в левой части равенства идет суммирование по всем элементам разбиения α .

Тогда из (9) – (11) вытекает

$$\rho(\alpha, \beta) = 2 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{i'=i+1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \mu(A_{ji'}) \quad (12)$$

Утверждение 2. Для любых двух конечных разбиений, удовлетворяющих условиям утверждения 1, функционал расстояния между ними через элементы вложенного (более «мелкого» разбиения) может быть выражен двумя способами (8) и (12). При этом для элементов разбиения α выполняется естественное равенство

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} \left\{ \mu(A_{ji}) \left[\sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^{k_j} \mu(A_{ji'}) \right] \right\} = 2 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{i'=i+1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \mu(A_{ji'}) \quad (13)$$

С другой стороны, пару конечных разбиений α, β , для которых имеет место вложение $\alpha \subset \beta$, можно рассматривать не как пару разбиений, а как «укрупнение» разбиения α . В этом случае, мы имеем дело с традиционной процедурой кластеризации, а элементы разбиения β фактически выступают в качестве кластеров. Теперь, если процедуру группировки обозначить в виде $K(\alpha)$, как функционального отображения элементов разбиения α в элементы разбиения β , т.е. писать $\beta = K(\alpha)$, где $K(\alpha)$ – набор произвольных групп $B_j, j=1, 2, \dots, m$ элементов разбиения α , то всегда будет выполняться вложение $\alpha \subset K(\alpha)$.

Тогда мы получаем следствие из утверждения 1.

Следствие 1. Для любого конечного разбиения $\alpha \in \Pi_\Omega$ множества Ω справедливо равенство

$$\rho(\alpha, K(\alpha)) = S(K(\alpha)) - S(\alpha).$$

С другой стороны, нетрудно заметить, что для произвольного разбиения $\alpha = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ множества B имеет место

$$\sum_{i=1}^n \mu(A_i) \mu(\bar{A}_i) = 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{i'=i+1}^n \mu(A_i) \mu(A_{i'}) \quad (14)$$

где $\bar{A}_i = B \setminus A_i$, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Действительно, в левой части этого равенства слагаемые представляют собой различные попарные произведения $\mu(A_i) \mu(A_{i'})$, когда $i \neq i'$. Причем $\mu(A_i) \mu(A_{i'})$ входят в два слагаемых для любой пары неравных номеров $i, i' \in \{1, 2, \dots, n\}$, т.е.

$$\begin{aligned} & \mu(A_i) [\mu(A_1) + \dots + \mu(A_{i'-1}) + \mu(A_{i'+1}) + \dots + \mu(A_n)], \\ & \mu(A_{i'}) [\mu(A_1) + \dots + \mu(A_{i'-1}) + \mu(A_{i'+1}) + \dots + \mu(A_n)]. \end{aligned}$$

Таким образом, возникает коэффициент 2 и сумма представляющая собой правую часть равенства (14).

В этом случае из равенств (13) и (14) получаем.

Следствие 2. Равенство (13) может быть записано в виде

$$\sum_{i=1}^{k_j} \{ \mu(A_{ji}) [\sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^{k_j} \mu(A_{ji'})] \} = 2 \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{i'=i+1}^{k_j} \mu(A_{ji}) \mu(A_{ji'})$$

Смысл этого следствия состоит в том, что равенство (13), на самом деле, имеет место внутри каждой группы (кластера), а не в суммарном виде.

Заключение

В работе получены соотношения для вычисления сходства между вложенными разбиениями, продуцируемыми процедурами кластеризации, в частности, при сегментации изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gao X., Wang T., Li J. A Content-based Image Quality Metric // Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular Computing / D. Slezak et al. (eds.). – Lecture Notes in Computer Science – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. – Vol. 3642. – 2005 – P. 231-240.
2. Traina A.J.M., Traina Jr.C., Bueno J.M., Chino F.J.T., Azevedo-Marques P. Efficient Content-Based Image Retrieval through Metric Histograms // World Wide Web. – Vol. 6, No 2. – 2003. P. 157-185.
3. Rubner Y., Tomasi C., Guibas L.J. The Earth Mover's Distance as a Metric for Image Retrieval // International Journal of Computer Vision. – Vol. 40, No 2. – 2000. – P. 99-121.
4. Sfikas G., Constantinopoulos C., Likas A., Galatsanos N.P. An Analytic Distance Metric for Gaussian Mixture Models with Application in Image

- Retrieval // Artificial Neural Networks: Formal Models and Their Applications / W. Duch et al. (eds.). – Lecture Notes in Computer Science. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. – Vol. 3697. – 2005 – P. 835-840.
5. Li B., Chang E., Wu Y. Discovery of a Perceptual Distance Function for Measuring Image Similarity // Multimedia Systems. – Vol. 8, No 6. – 2003. – P. 512-522.
 6. Jiang X. Performance evaluation of image segmentation algorithms // Handbook of pattern recognition and computer vision / C.H. Chen and P.S.P. Wang, (eds.). – Singapore: World Scientific. – 2005. – P. 525-542.
 7. Kinoshenko D., Mashtalir V., Yegorova E. Clustering Method for Fast Content-Based Image Retrieval // Computer Vision and Graphics / K. Wojciechowski et al (Eds.) Computer Imaging and Vision. – Dordrecht: Springer. – Vol. 32. – 2006. – P. 946–952.
 8. Kinoshenko D., Mashtalir V., Vinarsky V., Yegorova E. Hierarchical Partitions for Content Image Retrieval from Large-Scale Database // Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition / P. Perner, A. Imlya (eds.). – Lecture Notes in Artificial Intelligence. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. – Vol. 3587. – 2005. – P. 445-455.
 9. Chupikov A., Kinoshenko D., Mashtalir V., Shcherbinin K. // Image Retrieval with Segmentation-Based Query / S. Marchand-Maillet et al. (eds.). Lecture Notes in Computer Science. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. – Vol. 4398 – 2007. – P. 208-222.
 10. Mashtalir V., Mikhnova E., Shlyakhov V., Yegorova E. A Novel Metric on Partitions for Image Segmentation // IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance, avss. – Los Alamitos, CA, USA. – 2006. – P. 18.
 11. Bobrowsky L., Mashtalir V., Shlyakhov V. Metrics on Arbitrary Partitions of Measurable Sets. In: Global Information Systems. Problems and Tendencies of Progress. – Kharkov, KhNURE. – 2006. – pp. 70–71.

Получено 10.03.07 г.

УДК 519.6

Е.Н. Ватченко, А.И. Деревянко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МАЯТНИКА, УПРАВЛЯЕМОГО ВНЕШНИМ МОМЕНТОМ

Эффективность моделирования динамических систем (выбор вида модели) определяется, во-первых, дальнейшим использованием модели и, во-вторых, ограничениями диапазона поведения модели. В некоторых случаях эффективное моделирование поведения нелинейной системы основано на дифференциальных уравнениях.

Следует отметить, что реальные динамические системы являются диссипативными, т.е. такими для которых кластер начальных точек, занимающих конечный (ненулевой) объем пространства состояний, коллапсирует в кластер нулевого объема. Эволюция динамической системы допускает описание одномерным отображением на плоскости Пуанкаре только в случае существенной диссипативности и если соответствующая кривая имеет простую геометрию.

Постановка задачи. Классическим примером моделируемых систем является модель маятника, управляемого периодическим внешним моментом и испытывающего воздействие демпфирующего трения. Рассмотрим маятник, состоящий из массы m , расположенной на конце жесткого стержня нулевой массы, и длиной L , другой конец стержня фиксирован в точке вращения. Для этой модели уравнение эволюции имеет вид

$$mL^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} = -Lmg \sin \theta - \gamma \frac{d\theta}{dt} + A \cos(kt) \quad (1)$$

где θ - угол смещения от вертикали, γ - коэффициент трения, A - амплитуда внешней силы. В правой части уравнения первое слагаемое является моментом, обусловленным гравитацией, второе - определяет демпфирование, обусловленное трением, и третье - описывает внешний периодический момент.

Отношение полной механической энергии системы к энергии потерянной на диссипацию за период колебаний обратно пропорционально демпфированию. Значение момента измеряется в единицах произведения MgL , которое определяет момент, требуемый для удержания маятника в покое при $\theta = \pi/2$.

Основная часть. Введем в уравнение безразмерные переменные для формализации результатов численного моделирования и осуществим переход к дискретному времени выбрав шаг дискретизации $\Delta t = 1/f_0$, где собственная частота колебаний маятника с малой амплитудой, при отсутствии внешнего воздействия и демпфирования равна $f_0 = \sqrt{g/L}$. Используя эти переопределения переменных, уравнение эволюции преобразуется к виду:

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{dt} &= \omega \\ \frac{d\omega}{dt} &= -\frac{g}{L} \sin \theta - \frac{\gamma}{mL^2} \omega + \frac{A}{mL^2} u \\ \frac{du}{dt} &= -k \sin(Ds), \end{aligned} \quad (2)$$

где s – безразмерное время, D – отношение частот f/f_0 .

Анализ уравнений (2) показывает, что эволюция маятника, управляемого внешним периодическим моментом, осуществляется в трехмерном фазовом пространстве переменных: угол смещения - θ , угловая скорость - $\omega = d\theta/ds$, внешний момент - $U = F \cos(Ds)$. Трехмерность фазового пространства является необходимым условием [2] существования хаотических режимов поведения для системы (2).

Сечение Пуанкаре фазового пространства системы (1) при $U=0$ представляет последовательность значений фазовой переменной ω (угловая скорость) в дискретные моменты времени $S = t/\Delta t$. Эта последовательность является рекуррентной $\omega_{n+1} = \Phi(\omega_n)$ и может характеризовать эволюцию системы во времени. Конечно, дискретные значения переменной ω_n не отражают в деталях поведение других переменных в пространстве состояния системы (и всей системы в целом). Однако если в результате изменения характеристик системы имеет место удвоение периода для одной переменной, то это имеет место и для других переменных [1]. Следовательно, динамическая модель эволюции системы (1) может быть представлена как одномерное отображение, анализируя которое можно определить общую периодичность и бифуркации системы. Численное моделирование системы (1) показало, что $\omega_{n+1} = \Phi(\omega_n)$ имеет вид унимодальной зависимости и реализует переход к хаосу по сценарию удвоения периода (сценарий Фейгенбаума [2]). Возвратное отображение угловой скорости $\omega_{n+1} = \Phi(\omega_n)$, полученное по результатам моделирования при $D=2/3$, $\gamma=1.0$, $A=2.5$, имеет вид, представленный на рис.2 и хорошо согласуется с логистическим уравнением:

$$x_{n+1} = ax_n(x_n + 1) \quad (2)$$

Такое одномерное отображение реализует переход к хаотическому поведению по сценарию удвоения периода [1].

Следует отметить, что модель динамической системы в форме итерационного отображения имеет более широкий диапазон возможностей поведения, чем в случае дифференциальных уравнений, решение которых ограничено условием непрерывности. Это значит, что значение переменной, описывающей поведение системы, может изменяться скачком.

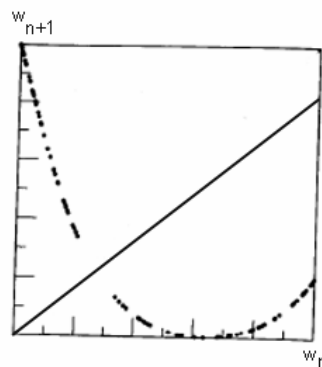


Рисунок 1 - Реконструкция сечения Пуанкаре фазового пространства по экспериментальным значениям временного ряда угловой скорости ω_n

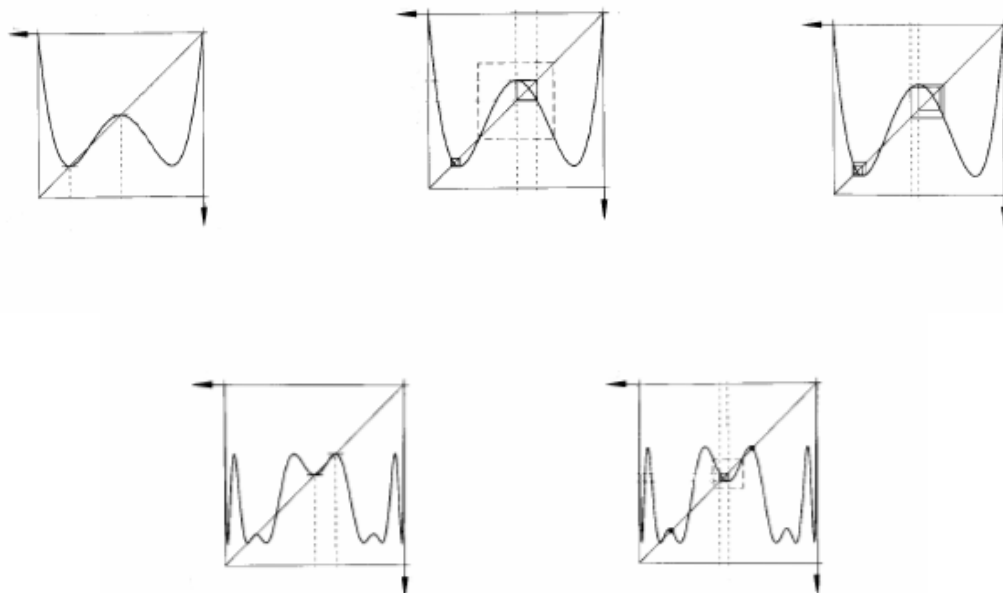


Рисунок 2 - Суперстабильные циклы логистического отображения при различных значениях a

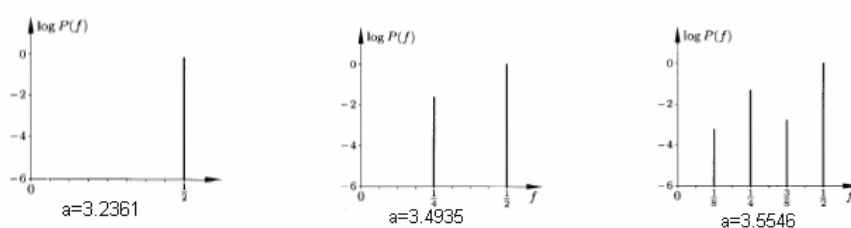


Рисунок 3 - Спектр мощности суперстабильных циклов логистического отображения при различных значениях a

Выводы. В условиях реального эксперимента исследуемая система является частично наблюдаемой, т.е., например, из трех переменных фазового пространства регистрируется временной ряд значений только одной из них. В этом случае построение моделей таких систем в форме дифференциальных уравнений является сложной задачей, требующей априорной информации о структуре системы (порядке дифференциального уравнения). Выходом из такой ситуации может быть использование одномерных отображений реализующих динамическую модель в виде возвратных одномерных отображений. Однако использование в качестве моделей динамических систем одномерных отображений, смягчающих требования к априорной информации, корректно реализуется только для систем осуществляющих переход к хаосу при изменении параметров по сценарию удвоения периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика одномерных отображений / Шарковский А.Н. и др. – Киев: Наукова думка, 1989. 216с.
2. Кузнецов С.П. Динамический хаос. –М.: Изд. физ. мат. литературы, 2001. 296с.

Получено 11.02.07.

СОДЕРЖАНИЕ

Ахметшина Л.Г., Егоров А.А. Влияние метода динамического преобразования функции принадлежности на результаты нечеткой кластеризации	3
Григорьев В.М. Представление систем в пространстве состояний	9
Истуткин В.Ф., Мирошниченко А.В. Использование лазерных указок для создания беспроводного оптического канала связи	14
Иванова Н.О. Кластерний аналіз фонем мовних повідомлень	19
Ивон А.И., Кузьменко Е.Н. Использование критических терморезисторов для защиты процессора от перегрева.....	25
Хандецький В.С., Канаков Є.В., Пастушкін Т.В. Розпізнавання викривлених зображень дефектів при зміні їх форми й розташування за допомогою нейронних мереж	33
Дробахин О.О., Доронин А.В., Короткая В.Г. О возможностях применения нейронно-сетевых технологий для решения задач цифрового спектрального анализа	40
Литвинов О.А. Формалізація клінічного діагнозу і модель електронної класифікації діагнозів для медичних інформаційних систем України	46
Мартинovich Л.Я. Програмна реалізація тривимірної моделі взаємодії електромагнітного поля одиночного витка з неоднорідним матеріалом	57
Машкина И.В., Машкин В.И. Организация поддержки технической готовности сложных технических систем с применением современных компьютерных средств	63
Пащенко В.О., Матвеева Н.О. Завадостійка обробка послідовних ковзних вибірок дельта-модульованої огинаючої ікм-сигналу	73
Пеньков А.П. Каналы взаимодействия «человек-окружающая среда»	79
Рибка Ю.М. Технологія розробки internet-сайтів з віддаленим адмініструванням.....	83
Твердоступ Н.И. Амплитудно-частотные характеристики резонансного делителя напряжения.....	88
Бидюк П.И., Катеринич С.А. Использование байесовской сети для решения задач мониторинга в технических системах	94
Журавлев В.Н. Анализ гипотезы фазовой чувствительности слухового рецептора	106

Дубровкина М.В., Шаповалов В.Д. Математическая модель устройства считывания кода информационно-аналитической системы управления технологическим процессом.....	118
Скалозуб В.В., Великодний В.В., Чередниченко М.С. Моделювання процесів управління вантажними перевезеннями за умови забезпечення паритету виплат між власниками вагонних парків.....	123
Куркін Н.В. Інформаційна безпека в умовах сучасного розвитку підприємства.....	135
Верховодов А.В., Малахов О.В., Калихевич Н.В. Синтез системы управления горизонтально–замкнутой транспортной системы с использованием языка программирования FBD.....	143
Денисенко А.И. К взаимосвязи многомерных функций распределений частиц двухфазного потока и теневых сигналов от них по параметрам	149
Полисский Ю.Д. Деление чисел в системе остаточных классов на два	161
Киношенко Д.К. Метрические свойства кластеризации при поиске в коллекциях изображений.....	167
Ватченко Е.Н., Дервянко А.И. Моделирование эволюции маятника, управляемого внешним моментом	177

РЕФЕРАТЫ

УДК 004.93

Ахметшина Л.Г., Єгоров А.О. **Вплив методу динамічного перетворення функції належності на результати нечіткої кластеризації** // Системні технології; Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007.- С.3-8.

Розглянуто вплив методу динамічного перетворення функції належності на результати нечіткої кластеризації модифікованим методом FCM низькоконтрасних зображень на прикладі медичного зображення (мамограми).

Бібл. 4, іл. 2.

УДК 62-50:519.49

Григор'єв В.М. **Представлення систем у просторі стану** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (49). - Дніпропетровськ, 2007. - С.9-13.

Здобути необхідні та достатні умови представлення в просторі стану лінійних нестационарних диференційних рівнянь з похідними в правій частині. Запропонована процедура реалізації. Отримані достатні умови фізичної реалізуємості. у вигляді обмеженості змінних коефіцієнтів посилення.

Бібл. 4.

УДК 681.32

Истушкин В.Ф. Мирошниченко А.В. **Використання лазерних указок для створення безпроводного оптичного каналу зв'язку** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (49) – Дніпропетровськ, 2007.-С.14-18.

Аналізується можливість використання лазерної указки для створення учбового макету бездротового каналу зв'язку.

Бібл. 4, іл. 2.

УДК 004.934

Иванова Н. А. **Кластерный анализ фонем речевых сообщений** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов – Випуск 2 (49). - Днепропетровск, 2007. – С. 19-24.

В данной работе проведено экспериментальное исследование значений формант спектра ударных гласных и дифтонгов украинского языка. Полученные значения центров кластеров гласных звуков могут быть использованы для определения, является ли данный речевой сегмент гласным звуком.

Библ. 4, ил. 2., табл. 2.

УДК 519.6: 536.764

Ивон О.І., Кузьменко Є.М. **Використання критичних терморезисторів для захисту процесора від перегріву** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (49) – Дніпропетровськ, 2007. – С.25-32.

Аналізуються можливості використання критичних терморезисторів на основі діоксиднованадієвої склокераміки у системах захисту центрального процесора комп'ютера від перегріву. Критичні терморезистори на відміну від звичайних терморезисторів і термодіодів, які використовують у системах захисту від перегріву, поєднують властивості датчика і термічного реле з температурою перемикання $\sim 70^\circ\text{C}$, що дозволяє спростити схеми захисту процесора від перегріву, збільшити ефективність і надійність такого захисту, зробити його багаторівневим.

Бібл. 6, іл. 4.

УДК 620.179.14

Хандецкий В. С., Канаков Е. В., Пастушкин Т. В. **Разпознавание искаженных изображений дефектов при изменении их формы и расположения с помощью нейронных сетей.** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007. – С.33-39.

Изложены результаты обучения и работы нейронной сети обратного распространения ошибки (Элмана) по идентификации искаженных изображений дефектов при динамическом смещении центра изображения в пределах матрицы. Определены временные характеристики и ошибки распознавания.

Библ. 5, табл. 3.

УДК 621.391

Дробахін О.О., Доронін О.В., Коротка В.Г. **Про можливості застосування нейронно-мережових технологій для розв'язку задач цифрового спектрального аналізу** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007. – С.40-45.

Досліджена можливість застосування трьохшарових нейронних мереж з прямими зв'язками для здійснення параметричного спектрального аналізу. Основна увага приділена добору оптимальної кількості нейронів в середньому шарі, з'ясуванню впливу точності мережі на точність оцінки частот, що регуляризують властивості алгоритму. Наведені результати чисельного моделювання для рівнів сигнал/шум 10, 25 та 40 дБ.

Бібл. 7.

УДК 574/578+004.38

Литвинов А.А. **Формализация клинического диагноза и модель электронной классификации диагнозов для медицинских информационных систем Украины.** //

Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 2 (49). - Днепропетровск, 2007. - С.46-56.

В работе рассмотрен вариант формального описания диагноза, как основы электронной классификации медицинских диагнозов. Представлен вариант концептуальной модели классификации, учитывая вопросы интеграции с современными терминологическими системами (UMLS, SNOMED CT).

Библ. 28, ил. 1.

УДК 620.179.14

Мартынович Л.Я. **Программная реализация трехмерной модели взаимодействия электромагнитного поля одиночного витка с неоднородным материалом** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 2(49).–Днепропетровск, 2007.–С. 57-62.

Рассмотрено решение уравнения Гельмгольца взаимодействия одиночного витка, расположенного непосредственно над композитным материалом, с помощью трехмерной сеточной модели в декартовой системе координат.

Библ. 1, рис. 1.

УДК 681.3.06

Машкіна І.В., Машкін В.І. **Організація підтримки технічної готовності складних технічних систем із застосуванням сучасних комп'ютерних засобів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007. – С.63-72.

Запропоновано комп'ютерно-орієнтований підхід, що дозволяє проводити більш достовірну і своєчасну оцінку експлуатаційних можливостей при виконанні складною технічною системою призначених їй функцій і більш ефективно керувати процесом підтримки технічної готовності системи, її підсистем і окремих елементів. Визначено поняття технічної готовності складних технічних систем.

Бібл. 4.

УДК 621.3

Пащенко В.А., Матвеева Н.А. **Помехоустойчивая обработка последовательных скользящих выборок дельта-модулированной огибающей ИКМ-сигнала** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 73-78.

Изложена стратегия и комплексный алгоритм коррекции искажений и идентификации типа характерных фрагментов, из которых состоит дельта-модулированная огибающая ИКМ-сигнала. Для реализации формальной процедуры заключительного логического анализа огибающей синтезируется конечный автомат, состояния которого однозначно идентифицируют её характерные фрагменты.

Библ. 6, ил. 1.

УДК 681.142.35

А.П. Пеньков. **Канали взаємодії «людина – навколишнє середовище»** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (49). – Дніпропетровськ, 2007. – С.79-82.

У статті надані формалізми оптимізації моделі взаємодії «людина навколишнього середовища».

Бібл. 7, табл. 1.

УДК 519.714.72

Рыбка Ю.М. **Технология разработки Internet-сайтов с отдаленным администрированием** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Випуск 2 (49). - Днепропетровск, 2007. – С.83-87.

В работе представлены рекомендации по разработке интерактивных web-сайтов, которыми можно управлять через сеть Internet.

УДК 620.179(031)

Твердоступ Н. И. **Амплитудно-частотные характеристики резонансного делителя напряжения** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Випуск 2(49). – Днепропетровск, 2007. – С. 88-93.

Обґрунтовані умови вимірювання імпедансу індуктивного (ємнісного) датчика резонансного дільника напруги.

Бібл. 3, іл. 3.

УДК 62-50

Бідюк П.І., Катеринич С.А. **Використання байєсівської мережі для вирішення задач моніторингу в технічних системах.** // Системні технології; Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.-Випуск 2(49).-Дніпропетровськ, 2007.- С.94-105.

У роботі сформульовано поняття моніторингу щодо сучасного рівня розвитку інтелектуальних технологій, на концептуальному рівні розглянуто процес моніторингу та проблеми його реалізації в технічних системах. Сформульовано імовірнісний варіант формалізованого представлення задачі моніторингу на прикладі моніторингу операцій за платіжними картками банку. Наведено результати вирішення даної задачі за допомогою використання байєсівської мережі та імовірнісного виводу.

УДК 621.055.5

Журавлев В.Н. **Анализ гипотезы фазовой чувствительности слухового рецептора** // Системні технології; Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007.- С. 106-117.

Здійснений аналіз гіпотези фазової чутливості слухового рецептора. Доведена фазова чутливість рецептора до різниці фаз інформаційного сигналу і відповідного йому сигналу отоакустичної емісії.

УДК 50.47

М.В. Дубровкина, В.Д. Шаповалов **Математическая модель устройства считывания кода информационно-аналитической системы управления технологическим процессом** // Системні технології; Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007.- С.118-122.

У статті представлені результати по розробці математичної моделі пристрою зчитування коду інформаційно-аналітичної системи управління технологічним процесом, на підставі якої можна досліджувати процес зчитування і розпізнавання нанесеного коду для однозначної ідентифікації виробу і одержати оптимальні характеристики оптичного пристрою зчитування для заданих умов роботи.

УДК 330.115:658.1

Куркін Н.В. **Інформаційна складова безпечного розвитку підприємства** // Системні технології; Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007.- С. 135-142.

Раскрыто возрастающее значение информационной безопасности в общем процессе безопасного развития предприятий; обоснована необходимость разработки средств защищенности информационных ресурсов исходя из анализа свойств информационной системы, предложены основные положения концепции информационной безопасности и методический подход к обеспечению информационной стабильности.

УДК 681.513:004.384

Верховодов О.В., Малахов О.В., Калихевич М.В. **Синтез системы керування горизонтально-замкнутої транспортної системи з використанням мови програмування FBD** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (49). - Дніпропетровськ, 2007. - С.143-148.

Розглянуто метод синтезу системи керування транспортною системою на основі інтелектуального логічного модуля Zelio Logic 2 з використанням мови програмування FBD.

Бібл. 4, іл. 5.

УДК 519.272:53.082.5

Денисенко А.И. **К взаимосвязи многомерных функций распределений частиц двухфазного потока и теневых сигналов от них по параметрам** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Випуск 2(49). – Днепропетровск, 2007. – С. 149-160.

Представлен алгоритм определения трехмерной функции распределения по параметрам дисперсной фазы полидисперсного, полискоростного, политемпературного двухфазного потока лазерным теневым методом для оптического измерительного объема с произвольной конфигурацией стабильного во времени распределения интенсивности зондирующего луча.

Библ. 11, илл. 2.

УДК 681.04

Поліський Ю.Д. **Ділення чисел в системі залишкових класів на два** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 2(49). – Днепропетровск, 2007. – С.161-166.

Розглянуто метод розв’язання задачі ділення на два чисел у системі залишкових класів. Метод алгоритмічно простий та нескладний для схемної реалізації при створенні ефективних обчислювальних структур.

УДК 681.3.07

Кіношенко Д.К. **Метричні властивості кластеризації при пошуку в колекціях зображень** // Системні технології. Збірн. наук. праць. – Вип. 2(49) - Дніпропетровськ, 2007. – С.167-176.

Розглядаються питання порівняння розбивок множин, що індукуються сильною кластеризацією. Знайдено метрики корисні при синтезі алгоритмів автоматичної інтерпретації зображень та ієрархічної кластеризації множин довільної природи.

УДК 519.6

Ватченко О.М., Дерев'янка О.І. **Моделювання еволюції маятника, що керується зовнішнім моментом** // Системні технології. Збірн. наук. праць. – Вип. 2(49) - Дніпропетровськ, 2007. – С.177-180.

Розглянуто модель еволюції демпфованого маятника під керуванням зовнішнім періодичним моментом у вигляді одновимірного відображення на площині перетину Пуанкаре.

Бібл. 2, іл.. 3.

UDC 004.93

Akhmetshina L. G., Yegorov A.A. **The influence of membership function transformation method to fuzzy clustering results** // System Technologies; Regional multi-university collection of scientific works. – edition 2(49). – Dnepropetrovsk, 2007. - P. 3-8.

This article deals with research of the influence of membership function transformation method to fuzzy clustering results. Fuzzy clustering of low-contrast image was done by modification of FCM algorithm using medical image (mammogram) as input data.

Lit. 4, fig. 2.

UDC 62-50:519.49

Grigor'yev V. M. **Representation of systems in state space** // System technologies. N 2(49). – Dnepropetrovsk. 2007. - P. 9-13.

The necessary and sufficient conditions of representation in state space of systems of the linear non-stationary differential equations with derivative in the right part are received. The procedure of realization is offered. The sufficient conditions of a physical reliability as limitation of variable factors of amplification are received.

Bibl.4.

UDC 681.32

Istishkin V.F., Miroshnichenko A. V. **Use of pointers of lasers for creation of wireless optical communication channel** // System technologies.–N 2(49) –Dnepropetrovsk, 2007.–P. 14-18.

It is analyzed the possibility of use of laser ray for creating the training model of wireless channel of connection.

Bibl. 4, ill. 2

UDC 004.934

Ivanova N. A. **Cluster analysis of the speech messages phonemes** // System technologies. – N 2 (49). - Dnipropetrovsk, 2007. - P.19-24.

This article deals with experimental research of formants values of stressed vowels and diphthongs spectrum of the Ukrainian language. The obtained values of clusters' centres of vowels can be used for determination whether the given speech segment is a vowel sound.

Bibl. 4, ill. 2., tabl. 2.

UDC 519.6: 536.764

Ivon A.I., Kuzmenko E. N. **Usage of the critical thermistors for protection of processor against overheating** // System technologies.–N 2 (49) –Dnepropetrovsk, 2007.–P. 25-32.

The possibilities for use of VO₂-based glass-ceramic critical thermistors in the protective systems of CPU against overheating are analyzed. Critical thermistors in contrast to thermistors and thermo-diodes, used in the protective systems against overheating of processor, combine the properties of thermal sensor and thermorelay with the temperature of switching about 70 °C. It allows to simplify the schemes for protection of processor against overheating, to increase efficiency and reliability of protection, to make the multilevel protection.

Bibl. 6, ill. 4.

UDC 620.179.14

Khandetsky V. S., Kanakov E. V., Pastyshkin T. V. **Recognition of noisy defects images at variation their form and location using neural networks** // System technologies. – No. 2(49).- Dnepropetrovsk, 2007. – P.33-39.

The results of teaching and work of backpropagation neural network (Elmana) for identification of noisy defects images at dynamic displacement of image center in matrix are described. The time parameters and recognition errors are defined.

Bibl. 5, tabl. 3.

UDC 621.3

Drobakhin O.O., Doronin A.V., Korotkaya V.G. **For solution of problems of digital spectral analysis method by rational interpolation**// System technologies. – N.2 (49). – Dnipropetrovs’k, 2007. – P.40-45.

The capability of feed-forward three-layer neural network for parametric spectral analysis is investigated. The choice of the neuron optimal number in the hidden layer, network accuracy as factor of algorithm regularization and estimation accuracy is under consideration. Some results of numerical simulation for SNR, which are equal to 10, 25 and 40 dB, are presented.

Bibl. 7

UDC 620.179.14

Martynovych L.Y. **The program realization 3-D-model the interaction of electrical magnetic field of one coil with composite material** // System technologies.–N 2 (49) – Dnepropetrovsk, 2007.–P.57-62.

The program model for solve the Helmholtz equation in Cartesian was created. The one coil was used as a probe. The grid model was created. The program let us to solve the problem of structurescopy with different properties of materials.

Bibl. 1, ill. 1

UDC 681.3.06

Mashkina I.V., Mashkin V.I. **Organization of approval of technical readiness of compound technical systems applying modern computer environment** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P. 63-72.

Computer-oriented approach, which will allow conducting reliable and timely evaluation of operating possibilities in case of implementation by the complicated technical system of the functions appointed by her and effectively control by the process of maintenance of technical readiness of the system, its subsystems and some elements is offered. Notions of technical readiness of the complicated technical systems are definite.

Bibl.4.

UDC 621.3

Pacshenko V. A., Matveyeva N.A. **Noise-proof processing of the consecutive sliding sample of delta-modulate bending around ICM-signal** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P.73-78.

The strategy and complex algorithm of the curvatures correction and the identification the characteristic fragments of the delta - modulate bending around are represented. To realize of a formal procedure of the final logic analysis of the bending around the final automatic device, which states identify the characteristic fragments is synthesized.

Bibl. 6, il. 1.

UDC 519.714.72

Rybka J.M. **Technology of development of Internet-sites with is remote-thive administration** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P.83-87.

Recommendations on development of interactive web-sites which can be controlled through Internet are presented in this work.

UDC 620.179(031)

Tverdostup N.I. **Amplitude-frequency characteristics of a resonance voltage divider** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P.88-93.

The conditions of measurement of an impedance of a magnetic (capacity) transmitter of a resonance voltage divider are justified.

Bibl. 3, ill. 3.

UDC 62-50

Bidyuk P.I., Katerynych S.A. **Using Bayesian network for resolving the monitoring task in engineering systems.** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P. 94-105.

The notion of monitoring is formulated in the paper regarding the actual level of development of intellectual technologies. The monitoring process and problems of implementation in technical systems are considered on conceptual basis. A probabilistic version of formalized presentation of monitoring is formulated by the example of monitoring of operations with bank payment cards. Results of resolving of the problem by use of Bayesian network and probabilistic inference are proposed.

UDC 621.055.5

Zhuravlev V.N. **Analysis of hypothesis of phase sensitiveness of auditory receptor** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P.106-117.

The analysis of acoustical receptor phase sensitivity hypothesis is realized. Receptor phase sensitivity as to the phase difference of the informational signal and corresponding signal of the otoacoustic emission is proved.

UDC 50.47

Dubrovkina M.V., Shapovalov V.D. **Mathematical model of device of reading of code of informative-analytical technological process control system** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P. 118-122.

In the article results are presented on development of mathematical model of device of read-out of code for the informatively-analytical system, which manages a technological process. On the basis of this mathematical model it is possible to explore the process of read-out and recognition of the inflicted code for synonymous authentication of good and to get optimum descriptions of optical device of read-out for the set terms of work.

UDC 330.115:658.1

Kurkin N.V. **Informative constituent of safe development of enterprise** // System technologies. - N 2 (49). - Dnepropetrovsk, 2007. - P.135-142.

Is opened growing value of information safety in the common process of safe development of the enterprises; necessity of development of means of security of information resources proceeding from the analysis of properties of information system is proved, substantive provisions of the concept of information safety and the methodical approach are offered to maintenance of information stability.

UDC 681.513:004.384

Verhovodov A.V., Malahov O.V., Kalikhevich N.V. **Syntheses managerial system horizontally-closed transport system with use the programming language FBD** // System technologies. – N 2(49). – Dnepropetrovsk, 2007. P.143-148.

The Considered method of the syntheses managerial system by transport system on base of the intellectual logical module Zelio Logic 2 with use the programming language FBD.

Bibl 4, ill.5.

UDC 519.272:53.082.5

Denysenko O.I. **To interconnection of multidimensional functions of distribution of two-phase flow particles and shadow signals from them according to the parameters** // System technologies. – № 2(49). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.149-160.

There was introduced an algorithm of definition of three-dimensional function of distribution according to the parameters of the disperse phase of polydisperse, polyspeed and polytemperature two-phase flow by the laser shadow method for the optical measuring volume with arbitrary configuration of the probe beam stable within the time of intensity distribution.

Libr. 11, ill. 2.

UDC 681.04

Polissky Yu.D. **The division of numbers in residue class system on two** // System technologies. – № 2(49). – Dnepropetrovsk, 2007. – P. 161-166.

The method of solving problem of division on two for numbers in residue class system are observed. The method is algorithmically simple and not complicated to scheme realization for making of effective computing's structures.

UDC 519.6

Vatchenko H.N., Derevyanko A.I. **The modeling evolution of pendulum, that controlled by external moment** //System technologies.–N2(49)–Dnepropetrovsk,2007.–P.177-180.

The model of evolution of damped pendulum operated by the external periodic moment, in the form of one-dimensional display to planes of section of Poincare is considered(examined).

АВТОРЫ ВЫПУСКА

Ахметшина Людмила Георгиевна - к.т.н., доцент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Ватченко Елена Николаевна - ассистент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Денисенко Александр Иванович - к.т.н., доцент кафедры физики НМетАУ.

Деревянко Александр Иванович - к.т.н., доцент кафедры Автоматизированных систем обработки информации Днепропетровского национального университета.

Доронин Алексей Владимирович - аспирант отдела функциональных элементов систем управления Института технической механики НАНУ и НКАУ

Дробахин Олег Олегович - д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной и компьютерной радиофизики Днепропетровского национального университета

Дубровкина Маргарита Васильевна - младший научный сотрудник Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института "Искра".

Егоров Артем Александрович - старший преподаватель кафедры АСОИ Днепропетровского национального университета.

Журавлёв Владимир Николаевич - к.т.н., докторант кафедры информационной безопасности

Киевского национального технического университета Украины, НТУУ "КПИ".

Иванова Наталья Александровна - к.т.н., доцент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Ивон Александр Иванович - к.ф.-м.н., доцент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Истушкин Валерий Федорович - к.т.н., доцент кафедры ЭВМ.

Киношенко Дмитрий Константинович – аспирант кафедры информатики ХНУРЕ.

Короткая Валентина Григорьевна - старший преподаватель кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета

Кузьменко Егор Николаевич - магистр кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Куркин Н.В. – доктор экономических наук.

Литвинов Александр Анатольевич - ассистент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Мартинovich Лариса Ярославовна - ассистент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Матвеева Наталия Олександровна - ассистент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Машкина Ирина Викторовна – к.т.н., доцент каф. Информационных технологий и мат. методов Академии труда и социальных отношений.

Машкин Валерий Иосифович – к.т.н., старший научный сотр. Института кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

Мирошниченко Александр Викторович - студент группы РИ-02-1 кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Пашенко Владимир Александрович - к.т.н., доцент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Пеньков А.П. - доцент кафедры ЭВМ, к.т.н., ДНУ, каф. ЭВМ.

Полисский Юрий Давидович - Научно-исследовательский институт автоматизации черной металлургии (НИИАчермет).

Рыбка Юрий Михайлович – старший преподаватель кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Твердоступ Николай Иванович - к.т.н., доцент кафедры ЭВМ Днепропетровского национального университета.

Шаповалов Валентин Дмитриевич - к.т.н., доцент, директор Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института "Искра".