

<p><i>Редакционный совет:</i> Голенков В.А., <i>председатель</i> Радченко С.Ю., <i>зам. председателя</i> Борзенков М.И. Колчунов В.И. Константинов И.С. Попова Л.В. Степанов Ю.С.</p>	<h3 style="text-align: center;">СОДЕРЖАНИЕ</h3> <p><i>Карминская Т.Д., Алексеев В.И.</i> Гибридная модель прогнозирования потребностей в квалифицированных кадрах для социально-экономических систем регионального уровня управления 3</p>
<p><i>Главный редактор:</i> Константинов И.С.</p>	
<p><i>Редколлегия:</i> Аверченков В.И. Архипов О.П. Гайндрик К.Г. Еременко В.Т. Зубарев Ю.М. Иванов Б.Р. Иванников А.Д. Ипатов О.С. Колесников К.С. Корндорф С.Ф. Коськин А.В. Подмастерьев К.В. Поляков А.А. Распопов В.Я. Сотников В.В. Шкатов П.Н.</p>	<p><i>Жиляков Е.Г., Черноморец А.А., Заливин А.Н.</i> Об эффективности метода оценивания значений долей энергии изображений на основе частотных представлений 12</p> <p><i>Боровинская Е.С., Решетиловский В.П., Холоднов В.А.</i> Интервальное оценивание параметров математического описания химико-технологических процессов на основе вычислительного эксперимента 23</p> <p><i>Кутышкин А.В., Шульгин О.В., Шульгина Н.В.</i> Управление организационными системами на основе нейросетевого моделирования их функционирования 32</p> <p><i>Куровский В.Л., Фомичёва С.Г., Попкова А.А.</i> Система мониторинга информационно-библиотечного фонда вуза 41</p>
<p><i>Ответственный за выпуск:</i> Константинова Г.А.</p>	<p><i>Иванов М.И., Иванов С.М.</i> Синтез варианта полевого волоконно-оптического кабеля 55</p>
<p><i>Адрес учредителя журнала:</i> 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29 (4862) 43-48-90, 40-96-14 www.ostu.ru E-mail: nmu@ostu.ru</p>	<p><i>Иващук О.А., Чудный Ю.П.</i> Построение системы экомониторинга при организации автоматизированного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса 61</p> <p><i>Илюхин А.А., Дубровин А.Г.</i> Оптимизация структуры суперфрейма для запросных каналов в спутниковых сетях стандарта DVB-RCS 68</p>
<p>Зарег. в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации. Свидетельство: ПИ № 77-15496 от 20 мая 2003 года</p>	<p><i>Марков В.В., Куликов А.М., Рыбакова Н.В.</i> Алгоритм экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях 74</p> <p><i>Евсегнеев О.А., Рогович В.И., Вайнштейн И.А.</i> Параллельный генетический алгоритм для моделирования термостимулированных процессов 81</p>
<p>Подписной индекс 86294 по объединенному каталогу «Пресса России»</p>	<p><i>Новокрещенов Ю.В.</i> Методы повышения производительности систем электронного документооборота, основанных на сервере приложений ZOPE 86</p>
<p>© ОрелГТУ, 2009</p>	<p><i>Шурыгин К.С.</i> Разработка алгоритма фонетического анализа речи на основе информационной теории восприятия речи 90</p> <p><i>Светкин А.В.</i> Защита данных в системах управления сайтами 95</p>
<p>Со второго полугодия 2009 г. журнал будет выходить под названием «Информационные системы и технологии» («ИСИТ») ISSN 2072-8964. Св-во о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-35333 от 17.02. 2009г.</p>	<p><i>Озаренко О.В., Раков В.И.</i> Методика обнаружения и коррекции внепротокольных прерываний в сетях передачи данных 103</p>

<p><i>Editorial council:</i> Golenkov V.A., president; Radchenko S.Y., vice-president; Borzenkov M.I. Kolchunov V.I. Konstantinov I.S. Popova L.V. Stepanov Y.S.</p>	<p style="text-align: center;">CONTENT</p> <p><i>Karminskaya T.D., Alekseev V.I.</i> A Hybrid Model for forecasting the demand for qualified personnel in regional socio-economic infrastructure 3</p>
<p><i>Editor-in-chief:</i> Konstantinov I.S.</p>	<p><i>Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Zalivin A.N.</i> ON EFFICIENCY OF THE ESTIMATION METHOD OF IMAGE ENERGY PARTS VALUES ON THE BASIS OF FREQUENCY REPRESENTATIONS 12</p>
<p><i>Editorial Committee:</i> Averchenkov V.I. Arhipov O.P. Gaidrik K.G. Eremenko V.T. Zubarev Y.M. Ivanov B.R. Ivannikov A.D. Ipatov O.S. Kolokolov J.V. Korndorf S.F. Koskin A.V. Podmasteriev K.V. Polyakov A.A. Raspopov V.Ya. Sotnikov V.V. Shkatov P.N.</p>	<p><i>Borovinskaya E.S., Reshetilovski V.P., Kholodnov V.A.</i> The interval evaluation of parameter for the mathematical description of technological processes based on computer experiment 23</p> <p><i>Kutyshkin A.V., Shulgin O.V., Shulgina N.V.</i> Managment of organizational systems on the basic of neuronet modelling of their functioning 32</p> <p><i>Kurovskiy B.L., Fomichyova S.G., Popkova A.A.</i> System of the monitoring information-library fund of the high school 41</p> <p><i>Ivanov M.I., Ivanov S.M.</i> Syntesis of a variant of the field fiber optic cable . 55</p> <p><i>Ivashchuk O.A., Chudni Y.P.</i> Construction of system of ecological monitoring at the organization of automated management by ecological safety of an industrial and transport complex 61</p>
<p><i>Responsible for edition:</i> Konstantinova G.A.</p>	<p><i>Ilyukhin A.A., Dubrovin A.G.</i> Optimal time-frequency superframe design for return channels of a satellite networks with DVB-RCS 68</p>
<p><i>The address of the founder of magazine:</i> 302020 Orel, Highway Naugorskoye, 29 (4862) 43-48-90, 40-96-14, www.ostu.ru, E-mail: nmu@ostu.ru</p>	<p><i>Markov V.V., Kulikov A.M., Ribakova N.V.</i> Algorithm of the experimental researches the thermal processes in the tribological objects 74</p>
<p>Journal is registered in State Committee of Russian Federation on printing. The certificate of registration ПИ № 77-15496 from 20.05.03.</p>	<p><i>Evsegneev O.A., Rogovich V.I., Vainshtein I.A.</i> Parallel genetic algorithm for simulation of thermostimulated processes 81</p> <p><i>Novokreshchenov Y.V.</i> Methods of rise of productivity of systems of the electronic document circulation grounded on the server of applications ZOPE 86</p>
<p>Index on the catalogue of the «Pressa Rossii» 86294</p>	<p><i>Shurygin K.S.</i> Algorithm design of phonetic speech analysis on basis of informational theory of speech perception 90</p>
<p>© ОрелГТУ, 2009</p>	<p><i>Svetkin A.V.</i> Data security in content management systems..... 95</p>
<p>From the second half of the year 2009 the magazine will leave under the name «Information systems and technologies» («ISaT»).</p> <p>ISSN 2072-8964 The certificate of registration ПИ № ФС77-35333 from 17.02. 2009.</p>	<p><i>Ozarenko O.V., Rakov V.I.</i> Methods of detections and correction not protocol interruptions in networks 103</p>

Т.Д. КАРМИНСКАЯ, В.И. АЛЕКСЕЕВ

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ В КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРАХ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ УПРАВЛЕНИЯ

На основе моделей нейронных сетей, нечетких множеств, адаптивного самонастраивающегося алгоритма многомерной глобальной оптимизации и алгоритмов прогнозирования разработана гибридная модель прогнозирования потребностей региональной экономики в квалифицированных кадрах трех уровней профессионального образования (высшего, среднего и начального). Разработан пакет программ и получены численные результаты.

Ключевые слова: *Нейронные сети; нечеткие множества; многомерная адаптивная оптимизация; прогнозирование; уровни профессионального образования; пакет программ.*

Based on neural network models, fuzzy sets, adaptive self-adjusting algorithm for multidimensional global optimization, and prediction algorithm a hybrid model to forecast the regional demand for qualified personnel of three educational levels (higher, secondary, primary professional education), programmer package have been developed, numerical results have been obtained.

Keywords: *neural networks; fuzzy sets; multidimensional global optimization; forecasting; professional education; programme package.*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из эффективных механизмов управления системой образования является использование прогнозирующей математической модели, количественно описывающей связи между участниками системы «образование-рынок труда и экономика» для определения структуры и объемов подготовки специалистов. Предлагается прогнозирующая математическая модель, которая основана на использовании гибридной системы. Гибридная система включает: математические балансовые модели спроса и предложения на рынке труда и рынке образовательных услуг [1,2], эффективный алгоритм многопараметрической глобальной оптимизации [3,4] и модели прогнозирования на нейронных сетях и нечетких множествах [5,6]. Преимуществом использования гибридных систем является то, что такие системы, взаимодействуя между собой, позволяют уменьшить недостатки отдельных элементов системы и усилить преимущества других. Например, погрешности в статистических исходных данных, используемых в работе, компенсируются возможностями обобщения нейронных сетей, нечетких и оптимизационных алгоритмов.

Последовательно решены задачи:

- 1) прогнозирование временных рядов нейронными сетями и нечеткими моделями;
- 2) определение среднегодовой численности работников в 13 отраслях экономики и промышленности по 7 уровням профессионального образования ХМАО;
- 3) определение коэффициентов ротации для занятого населения в зависимости от уровня образования и отрасли экономики;
- 4) определение матриц профессионально-квалификационного соответствия между 28 крупными группами специальностей и 13 отраслями экономики;

5) определение потребности экономики региона по 28 укрупненным группам специальностей с разным уровнем профессионального образования (высшим, средним и начальным).

В качестве исходных в работе использованы статистические данные по Ханты-Мансийскому автономному округу (ХМАО) [7]: распределение среднегодовой численности населения, занятого в экономике по видам экономической деятельности; распределение численности населения по шести возрастным группам (мужчины, женщины); распределение численности выпуска квалифицированных рабочих со средним и высшим профессиональным образованием.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ И НЕЧЕТКИМИ МОДЕЛЯМИ

Перечисленные выше задачи прогнозирования параметров занятости населения в экономике региона решены с использованием трехслойных нейронных сетей с сигмоидной функцией активности:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-c*S}},$$

где $c > 0$ – коэффициент, характеризующий ширину сигмоидной функции по оси абсцисс, $S = \sum_{i=1}^n w_i x_i$ – взвешенная сумма (сумма произведений входных сигналов x_i на весовые коэффициенты w_i , n – число входных сигналов). Эта функция является непрерывной, монотонно возрастающей и дифференцируемой в диапазоне значений $[0,1]$. Структура трехслойной сети зависит от числа входных сигналов. В решаемых нами задачах число входных данных (элементов временного ряда) варьировалось в интервале от 5 до 15 измерений.

Для обучения нейронной сети прогнозированию используется выборка известных элементов временного ряда. Обучение сети производится на множестве алгоритмов поиска минимума функции – обратного распространения, Левенберга-Маркара, квази-Ньютона – и метода сопряженных градиентов или их комбинаций. После обучения сеть прогнозирует временной ряд на упреждающий промежуток времени.

Процесс прогнозирования временного ряда называется проекцией временного ряда. Проекция ряда строится следующим образом: сеть обрабатывает начальный набор значений и выдает прогноз; первое наблюдение из исходного набора отбрасывается, вместо него ставится прогноз, полученный на первом шаге; по новому набору входных значений строится следующий прогноз и т.д. Процесс проектирования можно продолжить неограниченно. При этом среднеквадратическая ошибка прогнозирования растет с увеличением шага прогноза. По этой причине горизонт прогнозирования ограничивается небольшим числом шагов.

При моделировании процессов возможности нейронных сетей могут усиливаться за счет применения технологии обработки информации, основанной на нечетких множествах и нечетком выводе. Этот метод связан с оцениванием функции принадлежности элементов к множествам с помощью нечетких логических операторов. Предлагаемый подход не только ослабляет требования к точности данных

в процессе построения модели, но и позволяет описать сложные системы с помощью переменных, значения которых определяются на интуитивном уровне. Параметры функций принадлежности уточняются в процессе обучения по имеющимся данным.

ВЫЧИСЛЕНИЕ МАТРИЦЫ A РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ ПО ЗАДАНЫМ 7 УРОВНЯМ ОБРАЗОВАНИЯ И 13 УКРУПНЕННЫМ ОТРАСЛЯМ ЭКОНОМИКИ ХМАО

Постановка задачи. Вводим последовательность следующих семи уровней образования (вектор $Ed = \{ed_i > 0\}_{i=1,\dots,7} \in R^{7 \times 1}$): высшее профессиональное; неполное высшее; среднее профессиональное, начальное профессиональное, среднее (полное) общее, основное общее и начальное общее или без образования. Вводим также последовательность 13 отраслей экономики по ОКОНХ (вектор $Ec = \{ec_j > 0\}_{j=1,\dots,13} \in R^{1 \times 13}$). Требуется найти элементы матрицы $A = \{a_{i,j}\}_{i=1,\dots,7; j=1,\dots,13} \in R^{7 \times 13}$ распределения среднегодовой численности занятых по заданным 7 уровням образования и 13 укрупненным отраслям экономики, удовлетворяющей условиям $\sum_{i=1}^7 a_{ij} = 100, \forall j = 1, \dots, 13$ и $\sum_{j=1}^{13} a_{ij} * 100 / 1300 = ed_i, \forall i = 1, \dots, 7$. Заметим, что векторы Ed, Ec и матрица A для каждого прогнозируемого года k различны.

Решение задачи. В исходных данных содержится 20 единиц измерений ($Ed + Ec$). Искомая матрица A содержит 91 единицу неизвестных, характеризующих доли занятых людей определенного уровня образования в заданной отрасли. Задача является недоопределенной (число измерений существенно меньше числа неизвестных).

По методологии, изложенной в работе [1], задача решается оптимизационным методом. Для определения неизвестной матрицы A , состоящей из 91 элемента, сформируем целевую функцию $I(A)$, состоящую из двух слагаемых, обусловленных исходными данными (уровнями образования $I_{Ed}(A)$ и числом отраслей $I_{Ec}(A)$):

$$I(A) = I_{Ed}(A) + \lambda * I_{Ec}(A), \quad (1)$$

где $I_{Ed}(A)$ и $I_{Ec}(A)$ вычисляются, соответственно, по формулам:

$$I_{Ed}(A) = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{\sum_{j=1}^{13} a_{ij}}{\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{13} a_{ij}} * 100 - ed_i \right)^2, \quad (2)$$

$$I_{Ec}(A) = \sum_{j=1}^{13} \left(\frac{\sum_{i=1}^7 a_{i,j}}{Ec_j} - 1 \right)^2. \quad (3)$$

В выражение (1) введен параметр λ , выравнивающий чувствительности слагаемых к изменениям элементов матрицы A .

Особенностью целевой функции (1) является то, что она содержит много неизвестных с разными чувствительностями к изменениям элементов матрицы A , т.е.

является «овражной». Нахождение главного экстремума такой целевой функции всегда является проблематичным.

В работах [3,4] автора изложен алгоритм, позволяющий надежно оценивать координаты главного экстремума подобных целевых функций. Алгоритм относится к классу случайных и является адаптивным. Алгоритм приспособляется к особенностям целевой функции, в том числе и к овражности, сглаживает локальные экстремумы и не требует вычисления производных целевой функции по оцениваемым параметрам.

Поиск экстремума целевой функции производится по итерационным формулам:

$$a_{i,j}(k+1) = a_{i,j}(k) + da(i,j), \quad (4)$$

$$da(i,j) = \frac{\sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{13} a_{i,j}(k) * B(I(a_{i,j}(k) + de_{i,j}(k) * (1 - 2 * c)))}{\sum_{l=1}^M B(I(a_{i,j}(k) + de_{i,j}(k) * (1 - 2 * c)))}, \quad (5)$$

$$de_{i,j}(k+1) = \sqrt{\frac{3 * \sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{13} de_{i,j}(k) * B(I(a_{i,j}(k) + de_{i,j}(k) * (1 - 2 * c)))}{\sum_{l=1}^M B(I(a_{i,j}(k) + de_{i,j}(k) * (1 - 2 * c)))}}, \quad (6)$$

В этих формулах c – случайное число, равномерно распределенное в интервале $(0, 1)$, генерируемое датчиком случайных чисел; M – задается исследователем или «подстраивается» таким образом, чтобы «покрыть» область поиска, определяемую элементами матрицы $\{de_{i,j}\}$, k – номер итерации. Весовая функция $B(I(a))$ выбирается «колоколообразной», например, в виде $B(I(a)) = \exp(-I(a)^s)$ или $B(I(a)) = 1/I(a)^s$, такой, что минимальным значениям целевой функции $I(a)$ соответствуют максимальные значения $B(I(a))$. Здесь $s(k)$ – параметр поиска, подстраивается к области усреднения $\{de_{i,j}\}$; с ростом этой области растет и $s(k)$. При реализации алгоритма в формуле (1) параметр λ «подстраивается» к структуре целевой функции. Весовая функция $B(I(a))$ является аналогом функции плотности распределения вероятностей.

В алгоритме (4)-(6) область поиска экстремума $\{de_{i,j}\}$ автоматически подстраивается под структуру целевой функции, при которой точка экстремума всегда остается внутри области усреднения (поиска).

В алгоритме (4)-(6) при оптимизации целевой функции (1) в качестве начальной матрицы $A(0)$ поиска выбрана матрица A , полученная по формуле $a_{i,j}(0) = Ed_i / Ec_j, i = 1, \dots, 7; j = 1, \dots, 13$. Исходные данные векторов Ed и Ec для каждого прогнозируемого года разные, и они определяются с использованием прогнозирующих нейронных сетей.

Поиск минимума целевой функции (1) осуществляется в заданной ограниченной области $\{a_{i,j}^{low} \leq a_{i,j} \leq a_{i,j}^{up}\}$. Здесь $a_{i,j}^{low}$ и $a_{i,j}^{up}$ – матрицы нижних и верхних ограничений искомой матрицы. Необходимость введения этих матриц

обусловлена неоднозначностью решаемой задачи, недостаточностью исходных данных для однозначного решения задачи.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РОТАЦИИ ДЛЯ ЗАНЯТОГО НАСЕЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ

Потребность экономики субъектов федерации в трудовых кадрах в значительной степени определяется потенциалом развития его отраслей, уровнем образования трудоспособного населения и демографического фактора.

Коэффициент ротации $R(l) \in R^{13 \times 1}$ по годам l характеризует долю вливающих в j -ю отрасль экономики в год $t(l)$ выпускников образовательных учреждений $Tr(l)$ трех уровней образования (В, С, Н) относительно общего числа лиц всех возрастов того же уровня образования в 13-и отраслях экономики:

$$\begin{aligned} Tr_B(l) &= (W_B(l)_j / R_B(l)_j)_{j=1,13}, \\ Tr_C(l) &= (W_C(l)_j / R_C(l)_j)_{j=1,13}, \\ Tr_H(l) &= (W_H(l)_j / R_H(l)_j)_{j=1,13}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} W_B(l) &= w(l)_j * ed_{Bj}, \forall j = 1, \dots, 13, \\ W_C(l) &= w(l)_j * ed_{Cj}, \forall j = 1, \dots, 13, \\ W_H(l) &= w(l)_j * ed_{Hj}, \forall j = 1, \dots, 13, \end{aligned} \quad (8)$$

где $w(l)_j$ – численность работников в j -й отрасли экономики вектора общей численности работников $W(l) = \{w(l)_j\}_{j=1, \dots, 13}$;

$$W_B(l) = (w_B(l)_j)_{j=1,13} \in N^{13 \times 1}, \quad W_C(l) = (w_C(l)_j)_{j=1,13} \in N^{13 \times 1}, \quad W_H(l) = (w_H(l)_j)_{j=1,13} \in N^{13 \times 1}$$

– векторы оценки занятости в экономике лиц любого возраста с высшим, средним и начальным профессиональными образованиями соответственно;

$R_B(l)$, $R_C(l)$, $R_H(l)$ – соответствующие коэффициенты ротации.

Эти коэффициенты ротации определяются следующим образом.

Рассмотрим таблицы распределения занятых в отраслях экономики по 6 возрастным категориям. Строки этой таблицы образуют шесть возрастных категорий: [<20], [$20; 29$], [$30; 39$], [$40; 49$], [$50; 59$], [≥ 60], а столбцы – 13 укрупненных отраслей экономики и социальной сферы. Обозначим эту таблицу матрицей $Age = (age_{n,j})_{n=1,6; j=1,13} \in N^{6 \times 13}$. Она получена умножением долей каждой возрастной группы на вектор приоритетов отраслей и социальной сферы, т.е.

$$age_{n,j} = age_n * ec_j, \quad n = 1, \dots, 6; \quad j = 1, \dots, 13. \quad (9)$$

Столбцы матрицы Age удовлетворяют условию нормировки:

$$\sum_{n=1}^6 age_{n,j} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, 13.$$

Формируем матрицу $Sex = (sex_{m,j})_{m=1,3; j=1,13} \in R^{3 \times 13}$ общего числа, числа занятых мужчин и женщин в отраслях экономики округа за определенный год.

В первой строке матрицы Sex записаны все, занятые в отраслях экономики округа, во второй – число мужчин, в третьей – число женщин.

Для вычисления коэффициентов ротации требуется использование ранее вычисленных значений векторов $ed_B(l)$, $ed_C(l)$, $ed_H(l)$ – долей лиц с высшим, средним и начальным образованием в отраслях экономики округа.

Векторы $ed_B(l)$, $ed_C(l)$, $ed_H(l)$ являются, соответственно, 1, 3 и 4 строками матрицы A , полученной минимизацией целевой функции (1).

Коэффициенты ротации $R_B(l)$, $R_C(l)$, $R_H(l)$ вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} R_{Bj}(l) &= \left(\frac{1}{ed_{Bj}(l)k_{Rj}(l) - 0.04} \right)_{j=1,13}, \\ R_{Cj}(l) &= \left(\frac{1}{ed_{Cj}(l)k_{Rj}(l) - 0.04} \right)_{j=1,13}, \\ R_{Hj}(l) &= \left(\frac{1}{ed_{Hj}(l)k_{Rj}(l) - 0.04} \right)_{j=1,13}, \end{aligned} \quad (10)$$

где коэффициенты $k_{Rj}(l)$ вычисляются по формуле:

$$k_{Rj}(l) = age_{6,j}(l) + \frac{sex_{3,j}(l)}{sex_{1,j}(l)} * \frac{5}{10} age_{5,j}(l), \quad j = 1, \dots, 13. \quad (11)$$

Смысл этих коэффициентов сводится к тому, что ежегодно в среднем $1/R_{Ej}$ часть занятых в j -й отрасли экономики с уровнями образования ed_B , ed_C , ed_H заменяется молодыми специалистами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЭКОНОМИКИ ОКРУГА В

СПЕЦИАЛИСТАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО

ОБРАЗОВАНИЯ ПО 28 УКРУПНЕННЫМ ГРУППАМ

СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Экономика любого субъекта нуждается в специалистах с разным уровнем профессионального образования и разных групп специальностей. Согласно методике [1], преобразование (перераспределение) 13-и мерных векторов $Tr_B(l)$, $Tr_C(l)$, $Tr_H(l)$ потребности экономики к году $t(l)$ в специалистах с высшим, средним и начальным образованием, т.е. ВПО, СПО и НПО, в соответствующие 28-мерные векторы производится с использованием так называемых матриц соответствия A_B, A_C, A_H

размерностей $R^{13 \times 28}$ типа «специальность-отрасли». Строки этих матриц удовлетворяют условиям:

$$\sum_{k=1}^{28} a_{B_{j,k}} = 1, \quad \sum_{k=1}^{28} a_{C_{j,k}} = 1, \quad \sum_{k=1}^{28} a_{H_{j,k}} = 1, \quad \forall j = 1, 13 \quad (12)$$

Элементы этих матриц отражают долю выпускников со специальностью k , привлеченных к работе в отрасли экономики j . При этом принимается допущение, что все выпускники любой из k специальностей будут трудоустроены в 13 отраслях экономики. Практика показывает, что элементы матриц A_B, A_C, A_H практически одинаковы для всех субъектов РФ, за исключением их первых строк, характеризующих отрасль «промышленность». Матрицы A_B, A_C, A_H взяты из [2], в которой первые строки, соответствующие отрасли «промышленность», скорректированы с использованием данных подотраслей промышленности округа [7]. Определение элементов матриц соответствий «специальность-отрасли» A_B, A_C, A_H производится на основе статистических данных, а также на экспертных оценках специалистов, занятых кадровой политикой в отраслях и регионах РФ.

С учетом свойств (11) векторы потребностей экономики в специалистах $Pt_B(l), Pt_C(l), Pt_H(l)$ к $t(l)$ году получают путем умножения транспонированных матриц A_B^T, A_C^T, A_H^T соответственно на векторы потребностей отраслей экономики ХМАО в специалистах с высшим, средним и начальным профессиональным образованиями: $Tr_B(l) \in N^{13 \times 1}, Tr_C(l) \in N^{13 \times 1}, Tr_H(l) \in N^{13 \times 1}$:

$$\begin{aligned} Pt_B(l) &= A_B^T Tr_B(l), \\ Pt_C(l) &= A_C^T Tr_C(l), \\ Pt_H(l) &= A_H^T Tr_H(l). \end{aligned} \quad (13)$$

Первые строки матриц соответствий A_B, A_C, A_H , отвечающие за потребность промышленности в специалистах, разные для разных Субъектов Федерации (СФ), формируются следующим образом.

Согласно стандартам ОКОНХ, отрасль «промышленность» подразделяется на 14 подотраслей промышленности, состоящих, в свою очередь, из нескольких подразделений [1,2]. В математической модели учет структурного состава отрасли «промышленность» выглядит следующим образом. Вводится матрица соответствия подотраслей промышленности 28 укрупненным специальностям (по 3-м уровням образования) [1]:

$$Ind = (ind_{j,k})_{j=1,14; \dots, k=1,28} \in N^{14 \times 28},$$

такую, что:

$$\sum_{k=1}^{28} Ind_{j,k} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, 14.$$

Умножается покомпонентно каждый k -й столбец данной матрицы на вектор структуры промышленного производства $I_{str} = (i_{str})_{j=1,14} \in N^{14 \times 1}$, характерной для автономного округа. Это весовой вектор структуры, поэтому имеет место $\sum_{j=1}^{14} I_{str_j} = 1$.

Далее первые строки матриц соответствий получаются по формулам:

$$\begin{aligned}
 a_{B_{1,k}} &= \sum_{j=1}^{14} \text{Ind}(B)_{j,k} \cdot I_{str_j}, \\
 a_{C_{1,k}} &= \sum_{j=1}^{14} \text{Ind}(C)_{j,k} \cdot I_{str_j}, \\
 a_{H_{1,k}} &= \sum_{j=1}^{14} \text{Ind}(H)_{j,k} \cdot I_{str_j} \cdot \forall k = 1, \dots, 28.
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Структурные матрицы $\text{Ind}(B)$, $\text{Ind}(C)$, $\text{Ind}(H)$ подотраслей промышленности

для ХМАО и матрицы соответствий A_B , A_C , A_H в силу их громоздкости в работе не приводятся.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА ПО 28 УКРУПНЕННЫМ ГРУППАМ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (ВЫСШИМ, СРЕДНИМ И НАЧАЛЬНЫМ)

На основе формул (7)-(14) рассчитывается потребность экономики субъекта федерации в специалистах с разным уровнем профессионального образования по 28 укрупненным специальностям в нужном интервале времени прогнозирования по формулам:

$$\begin{aligned}
 Pt_B(l)_v &= \left[\sum_{j=1}^{13} a_{B_{l,v}} \cdot (w_j(l) \cdot ed_{B_j}(l) \cdot h_B(l) / (ed_{B_j}(l) \cdot k_{R_j}(l) - 0,04)) \right], \\
 Pt_C(l)_v &= \left[\sum_{j=1}^{13} a_{C_{l,v}} \cdot (w_j(l) \cdot ed_{C_j}(l) \cdot h_C(l) / (ed_{C_j}(l) \cdot k_{R_j}(l) - 0,04)) \right], \\
 Pt_H(l)_v &= \left[\sum_{j=1}^{13} a_{H_{l,v}} \cdot (w_j(l) \cdot ed_{H_j}(l) \cdot h_H(l) / (ed_{H_j}(l) \cdot k_{R_j}(l) - 0,04)) \right],
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

где индекс l задает горизонт прогнозирования, например, с 2007 по 2012 г., а $v = 1, \dots, 28$;

векторы $h_B(l)$, $h_C(l)$, $h_H(l)$ – задаются исследователем.

Они характеризуют изменчивость потребности специалистов по годам с уровнями профессионального образования (ВПО, СПО и НПО), связанную с введением инноваций и новых технологий в производство.

Формулы (15) могут быть использованы также для решения оптимизационной задачи:

$$\sum_{v=1}^{28} (Pt_B(l)_v - V_B(l)_v)^2 + \sum_{v=1}^{28} (Pt_C(l)_v - V_C(l)_v)^2 + \sum_{v=1}^{28} (Pt_H(l)_v - V_H(l)_v)^2 \rightarrow \min \tag{16}$$

по векторам численностей выпуска V_B, V_C, V_H из образовательных учреждений, если заданы или известны векторы потребностей отраслей экономики. В целевую функцию (16) могут быть введены проектируемые параметры, связанные с демографическими изменениями, технологическими и инновационными перестройками. Оптимизация

целевой функции (16) производится самонастраивающимся алгоритмом по формулам (4)-(6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная методика и алгоритмы, реализующие гибридную методику, использованы для решения задачи определения потребности экономики Ханты-Мансийского автономного округа в специалистах трех уровней профессионального образования по 28 укрупненным группам специальностей в 13 отраслях экономики. Исходными данными служили статистические данные по ХМАО по разделам «Население», «Образование», «Труд», данные Всероссийской переписи населения 2002 года, а также матрицы профессионально-квалификационного соответствия 13 отраслей экономики России 28 укрупненным группам учебных специальностей ВПО, СПО и НПО [1,7].

Таблица 1 – Усредненные значения потребностей экономики округа в специалистах трех уровней профессионального образования во временных интервалах по годам

Уровни образования	2007-2009 годы	2010-2012 годы
ВПО	6048	5940
СПО	5672	5538
НПО	4574	4505
Сумма	16294	15983

Небольшая тенденция уменьшения потребности в специалистах всех уровней профессионального образования связана как с демографическими, так и с экономическими условиями развития региона.

Разработана гибридная модель, которая включает модели нейронных сетей и нечетких множеств, модель адаптивного самонастраивающегося алгоритма многомерной глобальной оптимизации целевой функции и модель прогнозирования потребности региональной экономики в специалистах трех уровней профессионального образования (высшего, среднего и начального). Модели трансформированы в пакет программ, позволяющих получить численные результаты прогнозирования, провести исследования и вывести те или иные закономерности от исходных данных, параметров модели, параметров экономического развития экономики региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питухин Е.А. Математическое моделирование динамических процессов в системе «экономика – рынок труда – профессиональное образование» / Е.А. Питухин, В.А. Гуртов. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 350 с.
2. Васильев В.А. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах российской федерации / В.Н. Васильев, В.А. Гуртов, Е.А. Питухин и др. – М.: Техносфера, 2007. – 680 с.
3. Алексеев В.И. Субоптимальные рекуррентные алгоритмы оценивания в системах навигации/ Изв. Вузов СССР. Радиоэлектроника. 1987. – Т. 30. – № 3. – С. 34-39.

4. Алексеев В.И. Экстремальная радионавигация / В.И. Алексеев, А.М. Корилов, Р.И. Полонников, В.П. Тарасенко. М.: Наука, 1978. – 280 с.
5. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
7. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра: стат. сб. в 4-х частях. – Ч.2. – Тюмень, 2006. – 476с.

Карминская Татьяна Дмитриевна

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Кандидат технических наук, зав.кафедрой «Компьютерное моделирование и информационные технологии», доцент

Тел. (3467) 357-507

E-mail ktd@mail.ru

Алексеев Валерий Иванович

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Доктор технических наук, профессор кафедры «Экология»

Тел. (3467) 357-507

E-mail via@mail.ru

Е.Г. ЖИЛЯКОВ, А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ, А.Н. ЗАЛИВИН

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ДОЛЕЙ ЭНЕРГИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

В работе изложены результаты исследований эффективности метода оценивания значений долей энергии изображений в заданных частотных субинтервалах.

***Ключевые слова:** доли энергий изображений; частотный субинтервал; субполосная матрица; относительная погрешность; среднеквадратическое отклонение.*

Researches results of efficiency of the estimation method of image energy parts values in the specified frequency subintervals are stated in the work.

***Keywords:** the image energy parts; the frequency subinterval; subband matrix; the relative error; standard deviation.*

Требования к современным информационным и телекоммуникационным системам по представлению информации в естественной, с позиций восприятия человеком, форме приводит к тому, что передача информации осуществляется в большинстве случаев в виде визуальных данных. Получение в указанных системах визуальных данных в цифровом виде связано с их регистрацией с помощью различных чувствительных элементов и цифровых преобразователей, которые вносят искажения (шумы) различной природы. Помимо этого, сами изображения могут содержать искажения исследуемых объектов, вызванные природными явлениями, например, облачность, туман, дождь и др. Процесс обработки изображений для последующей их передачи по каналам связи также может вносить дополнительные искажения на изображении. Для того чтобы на изображениях можно было эффективно выделять различные квазипериодические компоненты (дороги, улицы, кварталы домов и др.), обнаруживать и удалять периодический шум, что является весьма важным, например, в задачах улучшения изображений, их сегментации и распознавания, необходимо применять методы, которые позволяют получать точные оценки долей энергии изображения в различных частотных интервалах.

В отличие от традиционно используемых методов нахождения приближенных значений энергетического спектра, основанных на дискретном преобразовании Фурье (ДПФ) [1, 2], в работе [3] был предложен метод, который позволяет находить точные значения долей энергии изображения в заданных частотных интервалах. Данный метод позволяет определить частотные интервалы, в которых сосредоточена подавляющая доля энергии изображения либо почти периодические компоненты исходного изображения, энергии которых сосредоточены в достаточно узких частотных интервалах.

В данной работе предлагается сравнительное исследование точности вычисления энергетических характеристик изображения с помощью ДПФ и метода оценивания на основе частотных представлений [3] значений долей энергии двумерных дискретных сигналов в заданных частотных диапазонах, теоретические основы которого в сжатом виде заключаются в следующем.

Пусть $\Phi=(f_{ik})$, $i=1,2,\dots,M$, $k=1,2,\dots,N$ – некоторый двумерный дискретный сигнал (изображение), заданный матрицей размерностью $M \times N$.

Точное значение P_Ω доли энергии двумерного сигнала Φ в симметричной двумерной частотной области Ω , названной субинтервалом:

$$\Omega : \{ \Omega(u, v) \mid (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [\beta_1, \beta_2]) \cup (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [\beta_1, \beta_2]) \}, \quad (1)$$

где $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 \leq \pi$

может быть вычислено без перехода в частотную область на основании выражения:

$$P_\Omega = \text{trac}(A^T \cdot \Phi \cdot B \cdot \Phi^T), \quad (2)$$

где Φ – матрица исходного двумерного сигнала;

$A=(a_{i_1 i_2})$ и $B=(b_{k_1 k_2})$ – субполосные матрицы [4], размерности $M \times M$ и $N \times N$, значения элементов которых определяются на основании следующих выражений :

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\text{Sin}(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \text{Sin}(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases} \quad (3)$$

$$b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\text{Sin}(\beta_2(k_1 - k_2)) - \text{Sin}(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (4)$$

Представим симметрические, неотрицательно определенные субполосные матрицы A и B в виде произведения матриц:

$$A = Q^A \cdot L^A \cdot Q^{A^T}, \quad B = Q^B \cdot L^B \cdot Q^{B^T}, \quad (5)$$

где Q^A, Q^B – матрицы, столбцами которых являются собственные векторы матриц A и B :

$$Q^A = (\bar{q}_1^A, \bar{q}_2^A, \dots, \bar{q}_M^A), \quad Q^B = (\bar{q}_1^B, \bar{q}_2^B, \dots, \bar{q}_N^B), \quad (6)$$

L^A, L^B – диагональные матрицы, составленные из собственных чисел матриц A и B :

$$L^A = \text{diag}(\lambda_1^A, \lambda_2^A, \dots, \lambda_M^A), \quad L^B = \text{diag}(\lambda_1^B, \lambda_2^B, \dots, \lambda_N^B). \quad (7)$$

Подстановка выражений (5) в (2) и использование свойства отличия от нуля значений некоторых собственных чисел субполосных матриц дает соотношение для оценки значений долей энергии двумерного сигнала в субинтервале Ω :

$$\tilde{P}_\Omega = \sum_{i_a=1}^{J_1} \sum_{k_b=1}^{J_2} \lambda_{i_a}^A \lambda_{k_b}^B \gamma_{i_a k_b}^2, \quad (8)$$

где

$$\gamma_{i_a k_b} = \sum_{i_1=1}^M q_{i_1 i_a}^A \sum_{k_1=1}^N f_{i_1 k_1} q_{k_1 k_b}^B = \bar{q}_{i_a}^{A^T} \cdot \Phi \cdot \bar{q}_{k_b}^B, \quad (9)$$

J_1 и J_2 – количество используемых ненулевых собственных чисел и собственных векторов субполосных матриц определяется на основании следующих соотношений:

$$J_1 = J_a + d_1, \quad J_a = 2 \left\lceil \frac{M}{2R_a} \right\rceil + 2, \quad R_a = \frac{\pi}{\alpha_2 - \alpha_1}, \quad d_1 = 1, 2, \dots, \quad (10)$$

$$J_2 = J_b + d_2, \quad J_b = 2 \left\lceil \frac{N}{2R_b} \right\rceil + 2, \quad R_b = \frac{\pi}{\beta_2 - \beta_1}, \quad d_2 = 1, 2, \dots \quad (11)$$

При этом предполагается, что субинтервал Ω образован в результате разбиения области определения трансформанты Фурье на R_a и R_b частотных интервалов вдоль координатных осей частотной области: $\Omega = \Omega_{r_1, r_2}$, $r_1 = 1, 2, \dots, R_a$, $r_2 = 1, 2, \dots, R_b$.

В соотношении (8) имеет место упорядочение собственных чисел по убыванию:

$$\lambda_1^A > \lambda_2^A > \lambda_3^A > \dots > \lambda_M^A > 0, \quad \lambda_1^B > \lambda_2^B > \lambda_3^B > \dots > \lambda_N^B > 0. \quad (12)$$

Конкретные значения d_1 и d_2 предстоит определить в ходе вычислительных экспериментов, исходя из требуемой точности приближения. В выполненных далее экспериментах предполагается, что:

$$J = J_1 = J_2, \quad d = d_1 = d_2, \quad R = R_a = R_b, \quad N = M. \quad (13)$$

Экспериментальные исследования проводились с целью оценивания погрешностей вычисления долей энергии изображения в заданных частотных субинтервалах на основе разработанного метода и метода с использованием алгоритма дискретного преобразования Фурье.

Погрешности δ_Ω и $\delta_\Omega^{\text{DFT}}$ вычисления долей энергии изображения в заданных частотных субинтервалах на основе упрощенного представления (8) и с использованием алгоритма ДПФ относительно значений долей энергий, найденных на основе выражения (2), определялись следующим образом:

$$\delta_\Omega = \left| 1 - \frac{\tilde{P}_\Omega}{P_\Omega} \right|, \quad \delta_\Omega^{\text{DFT}} = \left| 1 - \frac{\tilde{P}_\Omega^{\text{DFT}}}{P_\Omega} \right|, \quad (14)$$

где $\Omega = \Omega_{r_1, r_2}$

$r_1 = 1, 2, \dots;$

$R_a, r_2 = 1, 2, \dots;$

R_b , – некоторый частотный субинтервал.

Соотношение для вычисления на основе ДПФ доли энергии изображения в заданном частотном субинтервале Ω имеет вид:

$$\tilde{P}_\Omega^{\text{DFT}} = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m \in M_\Omega} \sum_{n \in N_\Omega} |F_{\text{DPF}}(m, n)|^2 d_{mn}, \quad (15)$$

где $F_{\text{DPF}}(m, n)$ – коэффициенты дискретного преобразования Фурье:

$$F_{\text{DPF}}(m, n) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik} e^{-j\frac{2\pi}{M}(i-1)(m-1)} e^{-j\frac{2\pi}{N}(k-1)(n-1)}, \quad m = 1, 2, \dots, M, \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad (16)$$

M_Ω , N_Ω – множество номеров m и n коэффициентов дискретного преобразования Фурье, которые соответствуют частотному субинтервалу Ω ;

d_{mn} – размер фрагмента области определения трансформанты Фурье, соответствующей отдельному коэффициенту ДПФ.

Важной характеристикой погрешности вычисления долей энергии изображения в целом являются значения следующих среднеквадратических отклонений:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} (P_{\Omega_{r_1 r_2}} - \tilde{P}_{\Omega_{r_1 r_2}})^2}}{\sqrt{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{\Omega_{r_1 r_2}}^2}}, \quad \sigma^{\text{DFT}} = \frac{\sqrt{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} (P_{\Omega_{r_1 r_2}} - \tilde{P}_{\Omega_{r_1 r_2}}^{\text{DFT}})^2}}{\sqrt{\sum_{r_1=1}^{R_a} \sum_{r_2=1}^{R_b} P_{\Omega_{r_1 r_2}}^2}}. \quad (17)$$

С целью получения усреднённых характеристик погрешностей вычислений долей энергии с использованием приближенного соотношения (8) при $d = \{0, 2, 4\}$ и

на основе алгоритма ДПФ (15) было обработано $N_{\text{img}}=100$ однотипных изображений (фрагментов земной поверхности) и вычислены:

а) относительные погрешности в отдельных частотных интервалах:

$$\delta_{\Omega}^{\text{cp}} = \frac{1}{N_{\text{img}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} \frac{(P_{i\Omega} - \tilde{P}_{i\Omega})}{P_{i\Omega}}, \quad \delta_{\Omega}^{\text{cpDFT}} = \frac{1}{N_{\text{img}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} \frac{(P_{i\Omega} - \tilde{P}_{i\Omega}^{\text{DFT}})}{P_{i\Omega}}; \quad (18)$$

б) среднеквадратические отклонения в отдельных частотных интервалах:

$$\sigma_{\Omega}^{\text{cp}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} (P_{i\Omega} - \tilde{P}_{i\Omega})^2}{\sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} P_{i\Omega}^2}}, \quad \sigma_{\Omega}^{\text{cpDFT}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} (P_{i\Omega} - \tilde{P}_{i\Omega}^{\text{DFT}})^2}{\sum_{i=1}^{N_{\text{img}}} P_{i\Omega}^2}}, \quad (19)$$

где $\Omega = \Omega_{r_1, r_2}$;

$r_1 = 1, 2, \dots$;

$R_a, r_2 = 1, 2, \dots$;

R_b – некоторый частотный субинтервал;

$P_{i\Omega}$ – доля энергии i -того изображения в частотном субинтервале Ω .

В ходе вычислительных экспериментов проведено также оценивание проигрыша γ в количестве вычислительных операций как плата за возможность получения более точного значения доли энергии, чем при использовании быстрого преобразования Фурье:

$$\gamma = \frac{J^2}{2 \log_2 N}. \quad (20)$$

В качестве исходных изображений выбраны изображения Φ , полученные в результате фотосъемки земной поверхности. Размерность $N \times N$ изображений выбрана равной 256×256 и 512×512 пикселей. Указанные размерности выбраны с тем, чтобы удовлетворить рекомендациям по использованию метода БПФ, поскольку точностные характеристики исследуемого метода в данной работе сравниваются с соответствующими характеристиками метода ДПФ. В ходе экспериментов используется разбиение осей частот на $R = \{16, 32, 64\}$ частотных интервалов.

Приведенные в таблице 1 данные являются иллюстрацией утверждения о том, что некоторую часть собственных чисел субполосных матриц можно считать равными нулю. В этой таблице приведены значения собственных чисел субполосных матриц, соответствующих различным частотным интервалам, при $N=256$ и $R=32$. Количество J ненулевых собственных чисел в соответствии с выражением (10, 11) равняется 10.

Таблица 1 – Значения собственных чисел $\lambda_k, k=1, 2, \dots, N$, субполосных матриц, соответствующих различным частотным интервалам, при $N=256$ и $R=32$ (20 значений)

k	Частотные интервалы				
	$\alpha_1=0,$ $\alpha_2=\pi/32$	$\alpha_1=7\pi/32,$ $\alpha_2=8\pi/32$	$\alpha_1=15\pi/32,$ $\alpha_2=16\pi/32$	$\alpha_1=23\pi/32,$ $\alpha_2=24\pi/32$	$\alpha_1=31\pi/32,$ $\alpha_2=\pi$
	1	8	16	24	32
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1

3	1	0.998	0.998	0.998	1
4	1	0.998	0.998	0.998	1
5	0.999	0.96	0.959	0.96	0.999

Продолжение Таблицы 1

6	0.993	0.959	0.959	0.959	0.993
7	0.937	0.722	0.722	0.722	0.937
8	0.699	0.722	0.722	0.722	0.699
9	0.299	0.275	0.275	0.275	0.299
10	0.0642	0.274	0.275	0.274	0.0642
11	0.00818	0.043	0.043	0.043	0.00818
12	0.000757	0.0428	0.043	0.0428	0.000757
13	5.6e-005	0.00348	0.00347	0.00348	5.6e-005
14	3.44e-006	0.00343	0.00347	0.00344	3.44e-006
15	1.8e-007	0.000188	0.000186	0.000187	1.8e-007
16	8.08e-009	0.000183	0.000186	0.000183	8.08e-009
17	3.18e-010	7.5e-006	7.4e-006	7.48e-006	3.18e-010
18	1.1e-011	7.17e-006	7.39e-006	7.24e-006	1.1e-011
19	3.38e-013	2.34e-007	2.29e-007	2.33e-007	3.38e-013
20	9.27e-015	2.19e-007	2.29e-007	2.22e-007	9.45e-015

Значения среднеквадратических отклонений (17) приближенных вычислений долей энергии изображения в целом на основе представления (8) и на основе ДПФ (15) при различных разбиениях оси частот приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения среднеквадратических отклонений вычислений долей энергии

Количество интервалов	Наименование погрешности	$N=256$	$N=512$
$R=16$	σ , при $d=0$	0.0108	0.00174
	σ , при $d=2$	0.000958	0.000314
	σ , при $d=4$	6.62e-005	4.25e-005
	σ^{DFT}	0.048	0.00151
$R=32$	σ , при $d=0$	0.0154	0.0033
	σ , при $d=2$	0.00115	0.000379
	σ , при $d=4$	4.57e-005	4.57e-005
	σ^{DFT}	0.1	0.00343
$R=64$	σ , при $d=0$	0.0178	0.00483
	σ , при $d=2$	0.000599	0.000263
	σ , при $d=4$	1.34e-005	2.17e-005
	σ^{DFT}	0.239	0.0215

Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что выбор $d=4$ позволяет достичь высокой точности приближений. При $d=0$ точность вычислений приближенных значений долей энергии, полученных с помощью предлагаемого метода, сравнима с оценкой точности вычислений долей энергии на основании ДПФ при $N=512$ и $R=\{16, 32\}$.

В таблицах 3-5 представлены конкретные значения долей энергии некоторого изображения в частотных субинтервалах $\Omega = \Omega_{r_1, r_2}$, $r_1 = 1, 2, \dots, R$, $r_2 = 1, 2, \dots, R$, ($R = 32$), вычисленных с использованием выражения (2), выражения (8) (d принимает значения 0, 2, 4), с использованием метода ДПФ на основании выражения (15), а также представлены погрешности (выражения (14)), связанные с аппроксимацией вида (8), и оценка погрешности вычисления значений долей энергии на основе алгоритма ДПФ для отдельных частотных интервалов, в которых сосредоточена энергия исследуемых изображений.

Для случая $R=16$ в таблице 3 представлены значения долей энергии изображения и их оценки в отдельных частотных субинтервалах Ω_{r_1, r_2} , $r_1 = 2, 6, 8$, $r_2 = 4$ ($N=512, R=16$).

Таблица 3 – Доли энергии и их оценки при $N=512, R=16$

		Границы частотного субинтервала			γ
		$\alpha_1 = \pi/16$ $\alpha_2 = 2\pi/16$ $\beta_1 = 3\pi/16$ $\beta_2 = 4\pi/16$	$\alpha_1 = 5\pi/16$ $\alpha_2 = 6\pi/16$ $\beta_1 = 3\pi/16$ $\beta_2 = 4\pi/16$	$\alpha_1 = 7\pi/16$ $\alpha_2 = 8\pi/16$ $\beta_1 = 3\pi/16$ $\beta_2 = 4\pi/16$	
	Точное значение, P_Ω	4.7404e+006	1.9319e+006	1.4282e+006	
$d=0$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	4.6626e+006	1.9009e+006	1.4082e+006	
	δ_Ω	0.0164	0.016	0.014	64
$d=2$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	4.73e+006	1.9262e+006	1.4244e+006	
	δ_Ω	0.00218	0.00293	0.00264	72
$d=4$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	4.7392e+006	1.9312e+006	1.4277e+006	
	δ_Ω	0.00024	0.00037	0.00039	80
	Оценка значения \tilde{P}_Ω^{DFT}	4.676e+006	1.9481e+006	1.4287e+006	
	δ_Ω^{DFT}	0.0135	0.00838	0.00037	

Очевидно, что при $N=512$ и $R=16$ метод ДПФ дает вполне приемлемые точности вычислений. Это является следствием того, что количество слагаемых в соотношении (15) достаточно велико (1024 слагаемых). Выбор значения $d=4$ приводит к практически точным результатам вычислений. Выбор $d=2$ также позволяет получить достаточно точные значения.

Для случая разбиения частотных осей на $R=32$ интервалов в таблице 4 представлены значения долей энергии некоторого изображения и их оценки в отдельных частотных субинтервалах Ω_{r_1, r_2} , $r_1 = 6, 11, 15$, $r_2 = 8$ ($N=512, R=32$).

В данном случае при любом значении $d = \{0, 2, 4\}$ точность вычислений высокая, а при $d=4$ достигается пренебрежительно малая погрешность.

Использование ДПФ дает большие погрешности по сравнению с погрешностью использования ДПФ в предыдущем случае, так как в соотношении (15) используется небольшое количество слагаемых, а также по сравнению с погрешностью использования приближения (8), хотя сохраняет преимущества в объеме вычислений.

Таблица 4 – Доли энергии и их оценки при $N=512, R=32$

		Границы частотного субинтервала			γ
		$\alpha_1=5\pi/32,$ $\alpha_2=6\pi/32;$ $\beta_1=7\pi/32,$ $\beta_2=8\pi/32$	$\alpha_1=10\pi/32,$ $\alpha_2=11\pi/32;$ $\beta_1=7\pi/32,$ $\beta_2=8\pi/32$	$\alpha_1=14\pi/32,$ $\alpha_2=15\pi/32;$ $\beta_1=7\pi/32,$ $\beta_2=8\pi/32$	
	Точное значение, P_Ω	9.7028e+005	5.5382e+005	4.5389e+005	
$d=0$	Приближенное значение, \tilde{P}_Ω	9.5228e+005	5.4519e+005	4.4616e+005	
	δ_Ω	0.0185	0.0155	0.017	18
$d=2$	Приближенное значение, \tilde{P}_Ω	9.6896e+005	5.5274e+005	4.5271e+005	
	δ_Ω	0.00136	0.00195	0.0026	22
$d=4$	Приближенное значение, \tilde{P}_Ω	9.7012e+005	5.5371e+005	4.538e+005	
	δ_Ω	0.000167	0.0002	0.000201	27
	Оценка значения, \tilde{P}_Ω^{DFT}	1.0322e+006	5.607e+005	4.5037e+005	
	δ_Ω^{DFT}	0.0638	0.0124	0.00775	

Для случая разбиения частотных осей на $R=64$ интервалов в таблице 5 представлены значения данных долей энергии изображения и их оценки в отдельных частотных субинтервалах $\Omega_{r_1,r_2}, r_1=10,21,30, r_2=16$ ($N=512, R=64$).

И в данном случае выбор $d=4$ позволяет достичь высокой точности приближений. Выбор $d=\{0, 2\}$ также дает приемлемые погрешности. Погрешности оценок с использованием ДПФ существенно больше. При этом выигрыш в объеме вычислений не существенный. Аналогичные результаты также были получены при оценке долей энергии изображений размерности 256×256 .

С целью получения усредненных значений погрешностей вычисления долей энергии изображений в различных частотных субинтервалах использовались $N_{img}=100$ изображений земной поверхности размерностью 256×256 пикселей ($N=256$). Далее приведены некоторые результаты выполненных экспериментальных исследований.

Для случая $R=32$ в таблице 6 приведены отдельные значения оценки относительных погрешностей (18), полученных при вычислении долей энергии с использованием приближенного соотношения (8) при $d=\{0, 2, 4\}$ и на основе алгоритма ДПФ (15). Представление результатов оценки значений погрешностей (18) выполнено на примере расчетов долей энергии в частотных субинтервалах, границы которых вдоль оси Ov определяются условиями $\beta_1=7\pi/32, \beta_2=8\pi/32$ (т.е. в частотных субинтервалах $\Omega_{r_1,r_2}, r_1=1,2,\dots, 32, r_2=8$).

Таблица 5 – Доли энергии и их оценки при $N=512, R=64$

	Границы частотного субинтервала			γ
	$\alpha_1=9\pi/64$ $\alpha_2=10\pi/64$ $\beta_1=15\pi/64$ $\beta_2=16\pi/64$	$\alpha_1=20\pi/64$ $\alpha_2=21\pi/64$ $\beta_1=15\pi/64$ $\beta_2=16\pi/64$	$\alpha_1=29\pi/64$ $\alpha_2=30\pi/64$ $\beta_1=15\pi/64$ $\beta_2=16\pi/64$	

Продолжение Таблицы 5

	Точное значение, P_Ω	2.749e+005	1.8347e+005	96658	
$d=0$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	2.6916e+005	1.8083e+005	94080	
	δ_Ω	0.0208	0.0144	0.0266	6
$d=2$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	2.7454e+005	1.8313e+005	96362	
	δ_Ω	0.00131	0.00183	0.00306	8
$d=4$	Приближенное значение \tilde{P}_Ω	2.7488e+005	1.8345e+005	96647	
	δ_Ω	8.3183e-005	8.1326e-005	0.00011	11
	Оценка значения \tilde{P}_Ω^{DFT}	2.9449e+005	1.8376e+005	88999	
	δ_Ω^{DFT}	0.0712	0.00157	0.0792	

Таблица 6 – Оценки относительных погрешностей при $R=32$, $\beta_1=7\pi/32$, $\beta_2=8\pi/32$

Границы частотного интервала	δ_Ω^{cp} , при $d=0$	δ_Ω^{cp} , при $d=2$	δ_Ω^{cp} , при $d=4$	δ_Ω^{cpDFT} , при ДПФ
$\alpha_1=0$; $\alpha_2=\pi/32$	0.049359	0.001755	0.000391	0.095313
$\alpha_1=\pi/32$; $\alpha_2=2\pi/32$	0.072029	0.00239	0.000476	0.13519
$\alpha_1=2\pi/32$; $\alpha_2=3\pi/32$	0.084009	0.002791	0.000556	0.1347
$\alpha_1=3\pi/32$; $\alpha_2=4\pi/32$	0.075745	0.002666	0.000567	0.10615
$\alpha_1=4\pi/32$; $\alpha_2=5\pi/32$	0.080641	0.002194	0.000574	0.13418
$\alpha_1=5\pi/32$; $\alpha_2=6\pi/32$	0.071767	0.0022	0.000569	0.17053
$\alpha_1=6\pi/32$; $\alpha_2=7\pi/32$	0.076487	0.002343	0.00059	0.11066
$\alpha_1=7\pi/32$; $\alpha_2=8\pi/32$	0.074575	0.002426	0.000581	0.19284
$\alpha_1=8\pi/32$; $\alpha_2=9\pi/32$	0.073337	0.002261	0.000577	0.13856
$\alpha_1=9\pi/32$; $\alpha_2=10\pi/32$	0.074151	0.001982	0.000565	0.089294
$\alpha_1=10\pi/32$; $\alpha_2=11\pi/32$	0.071398	0.0022	0.000555	0.15483
...
$\alpha_1=28\pi/32$; $\alpha_2=29\pi/32$	0.07642	0.002957	0.000606	0.097142
$\alpha_1=29\pi/32$; $\alpha_2=30\pi/32$	0.07838	0.003237	0.000601	0.1245
$\alpha_1=30\pi/32$; $\alpha_2=31\pi/32$	0.074335	0.002932	0.000572	0.12118
$\alpha_1=31\pi/32$; $\alpha_2=32\pi/32$	0.041783	0.001232	0.000346	0.151

3. Жилияков Е.Г. Метод определения точных значений долей энергии изображений в заданных частотных интервалах / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, И.В. Лысенко // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. РЛТ, 2007. – Вып. 4. – С. 115-123.
4. Жилияков Е.Г. Методы анализа и построения функций по эмпирическим данным на основе частотных представлений. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160с.

Жилияков Евгений Георгиевич

Белгородский государственный университет, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: (4722) 30-13-54
E-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

Черноморец Андрей Алексеевич

Белгородский государственный университет г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: (4722) 30-13-54
E-mail: chernomorets@bsu.edu.ru

Заливин Александр Николаевич

Белгородский государственный университет
Ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: (4722) 30-13-54
E-mail: zalivin@bsu.edu.ru

Е.С. БОРОВИНСКАЯ, В.П. РЕШЕТИЛОВСКИЙ,
В.А. ХОЛОДНОВ

ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В данной работе было проведено интервальное оценивание параметров математического описания процесса жидкофазного алкилирования фенилацетонитрила в микроструктурном реакторе на основе вычислительного эксперимента. Авторами предлагаются методы определения интервальных оценок параметров математического описания (МО) химико-технологических процессов (ХТП) при моделировании, и рассматриваются компьютерные технологии решения задач интервального анализа.

Ключевые слова: интервальный анализ; интервальное оценивание параметров процесса; моделирование химических процессов; вычислительный эксперимент.

The interval analysis of mathematical description parameters of phenylacetonitrile alkylation process in microstructured reactor using computer experiments has been investigated. The authors propose methods for the interval evaluations in modelling of chemical processes using computer technologies.

Keywords: interval analysis; interval estimation of process parameters; modelling of chemical processes; computer experiments.

ВВЕДЕНИЕ

Для определения интервальных оценок параметров математического описания ХТП стало актуальным использовать перспективное и быстро развивающееся направление последних лет – математическую статистику интервальных данных, т.е. когда статистические данные не числа, а интервалы [1].

В области математической статистики интервальных данных российская наука имеет мировой приоритет [2]. Развертывание работ по рассматриваемой тематике позволит закрепить этот приоритет, получить теоретические результаты, основополагающие в этой области математической статистики и в тоже время необходимые для обоснованного статистического анализа разного типа данных. В последние годы появилось достаточное количество работ теоретического плана, в которых рассматриваются методы решения задач подобного рода [3], [4]. Вместе с тем, следует отметить недостаток литературы по использованию компьютерных технологий для решения практических задач в различных областях науки и техники, в том числе и химической технологии.

Объектом исследования в данной работе являлась установка с микроструктурным реактором для проведения жидкофазных реакций. В реакторе проводилась жидкофазная каталитическая реакция алкилирования фенилацетонитрила, описанная ранее [5]. Несмотря на его миниатюрность, такая установка позволяет значительно повысить производительность процесса и увеличить его выходные характеристики и, таким образом, способствовать оптимальному ведению процесса с экономической и экологической точек зрения.

СУЩНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕТОДОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И ИХ КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Решение задачи интервального оценивания параметров существенно отличается от решения задачи нахождения среднего значения параметров. В общем виде постановку задачи интервального оценивания параметров при уравнении линейной зависимости можно сформулировать как необходимость определения интервала, в котором с заданной степенью достоверности будет заключено значение оцениваемого параметра. То есть интервальная оценка характеризуется концами интервала, внутри которого предположительно находится истинное значение параметра. Таким образом, вместо отдельной точки для оцениваемого параметра можно установить интервал значений, одна из точек которого является своего рода лучшей оценкой. Интервальные оценки являются более полными и надежными по сравнению с точечными, они применяются как для больших, так и для малых выборок.

Так, например, при поиске параметров линейной зависимости уравнения имеют вид:

$$y_i = a \cdot x_i + b \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

В интервальной постановке те же уравнения должны быть записаны в следующем виде:

$$\begin{aligned} \left[\underline{y}_i, \overline{y}_i \right] &= \left[\underline{a}, \overline{a} \right] \cdot \left[\underline{x}_i, \overline{x}_i \right] + \left[\underline{b}, \overline{b} \right], \\ i &= 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

Можно рассмотреть интервальное оценивание параметров математического описания для нелинейной зависимости константы скорости химической реакции k от температуры T по уравнению Аррениуса:

$$k_i = k_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{R \cdot T_i}\right), \quad (2)$$

где k_0 – предэкспонента;

E – энергия активации;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

Уравнение (2) можно преобразовать к линейному виду:

$$\ln k_i = \ln k_0 - \frac{E}{R \cdot T_i} \quad \text{или} \quad \left[\underline{y}_i, \overline{y}_i \right] = \left[\underline{a}, \overline{a} \right] \cdot x_i + \left[\underline{b}, \overline{b} \right], \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

$$\text{где } y_i = \ln k_i, \quad x_i = -\frac{1}{T_i}, \quad b = \ln k_0, \quad a = \frac{E}{R}.$$

На основе вычислительного эксперимента можно из точных данных с использованием случайных чисел получить экспериментальные данные с погрешностью p .

АЛГОРИТМ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МО

В общем виде алгоритм решения задачи можно записать [6]:

1. Ввод исходных данных (начальных приближений для k_0 и E , температур и др.).
2. Вычисление констант скорости реакций по уравнению Аррениуса с использованием исходных данных.
3. Наложение погрешности на полученные значения констант скорости реакций и расчет, так называемых, экспериментальных данных ($p=10\%$).
4. Расчет в соответствии с алгоритмом метода наименьших квадратов, который описан ниже.
5. Вывод результатов, т.е. нижних и верхних оценок для параметров a и b и расчет по ним интервалов для E и k_0 .

Алгоритм интервального метода наименьших квадратов для оценивания параметров нелинейной зависимости, приведенной к линейному виду, представлен ниже:

1. Ввод исходных данных.
2. Вычисление среднего значения для x_k , $k = 1, 2, \dots, n$.
3. Вычисление параметров линейной зависимости a и b .
4. Вычисление расчетного значения $y_{расч.k}$ для найденных значений a и b .
5. Определение значения критерия Стьюдента для зависимых выборок:

$$t = \frac{|M_d| \cdot \sqrt{n}}{\sigma_d},$$

где M_d – средняя разность значений;

σ_d – стандартное отклонение разностей;

n – размер выборки.

Количество степеней свободы рассчитывается как $D=n-1$.

6. Вычисление:
$$D = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{k=1}^n (y_k - y_{расч.k})^2.$$

7. Вычисление нижней и верхней границ для a и b :

$$\underline{a} = a - t \cdot \varepsilon_a \quad \bar{a} = a + t \cdot \varepsilon_a,$$

где
$$\varepsilon_a = \sqrt{\frac{n}{n-2} \cdot \frac{D}{\sum_{k=1}^n (x_k - x_{cp})^2}}, \quad \underline{b} = b - t \cdot \sqrt{\frac{D}{n-2}} \quad \bar{b} = b + t \cdot \sqrt{\frac{D}{n-2}}.$$

8. Вычисление нижней и верхней границ для:

$$y_{расч.k} [7]: \underline{y}_{расч.k} = y_{расч.k} - t \cdot \sqrt{\frac{D}{n-2} \cdot \left[1 + n \cdot \frac{(x_k - x_{cp})^2}{\sum_{k=1}^n (x_k - x_{cp})^2} \right]},$$

$$\bar{y}_{расч.k} = y_{расч.k} + t \cdot \sqrt{\frac{D}{n-2} \cdot \left[1 + n \cdot \frac{(x_k - x_{cp})^2}{\sum_{k=1}^n (x_k - x_{cp})^2} \right]}.$$

На рисунке 1 в качестве примера приведены результаты решения задачи в Mathcad.

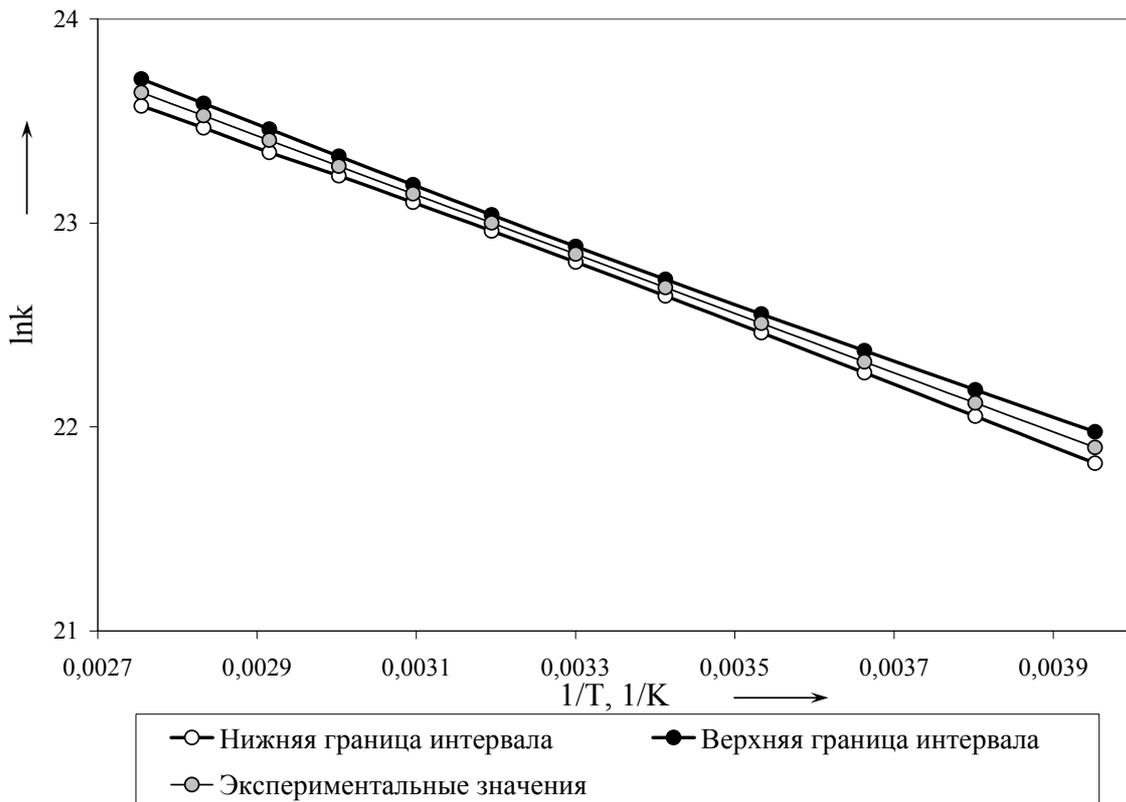


Рисунок 1 – Интервальные оценки параметров математического описания для линейной зависимости $\ln k$ от $1/T$ по их средним значениям

При линеаризации для доверительного интервала 95% с использованием пакета программ Mathcad в соответствии с описанным алгоритмом были найдены интервальные оценки параметров a и b : $a = 1392 \pm 98$, $b = 27,490 \pm 0,037$, используя которые можно определить интервальные оценки k_0 и E .

$$\text{Тогда } k_0 = 10^{11} \cdot [8,342; 8,976], E = [10767; 12388].$$

Несмотря на то, что рассмотренный выше метод позволяет находить интервальные оценки для параметров, он обладает рядом недостатков:

- он не использует известную погрешность экспериментальных данных;
- он не позволяет решать задачу в общем виде:

$$\underline{y}_i, \bar{y}_i = \underline{a}, \bar{a} \cdot \underline{x}_i, \bar{x}_i + \underline{b}, \bar{b}, \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, n;$$

- его невозможно использовать для нелинейных зависимостей;
- он не подходит для решения задач интервального оценивания параметров математического описания при математическом моделировании ХТП.

Для устранения вышеперечисленных недостатков все этапы алгоритма решения задачи с 1 по 5 сохраняются, а дополнительные этапы модифицируются следующим образом:

- расчет относительной погрешности отклонения экспериментальных и расчетных данных константы скорости при изменении параметров a и b от нижних значений интервалов \underline{a} , \underline{b} до верхних значений интервалов \bar{a} , \bar{b} с некоторым шагом по каждому параметру;

- Сохранение всех значений параметров a и b , для которых относительная погрешность отклонения экспериментальных и расчетных данных константы скорости по всем экспериментальным точкам меньше или равна известной погрешности;

- Определение по сохраненным значениям a и b их нижних и верхних границ интервалов.

В таблице 1 и на рисунке 2 приведено решение задачи в Mathcad данным методом для случая, когда на шестом этапе берется 500 точек. Тогда найденные интервальные оценки для a и b будут равны: $a = [1395; 1467]$, $b = [27,456; 27,734]$.

Таблица 1 – Результаты поиска интервальных оценок для $\ln k$

№ точки	Нижняя граница	Верхняя граница	Экспериментальные значения
1	21,656	22,219	21,912
2	21,876	22,429	22,143
3	22,081	22,623	22,268
4	22,271	22,804	22,466
5	22,448	22,972	22,799
6	22,613	23,129	22,825
7	22,768	23,277	22,967
8	22,913	23,415	23,107
9	23,050	23,544	23,255
10	23,178	23,666	23,465
11	23,299	23,782	23,483
12	23,414	23,890	23,679

Предлагаемый метод достаточно точно позволяет находить нижние и верхние границы для параметров, однако точность нахождения границ для параметров a и b зависит от количества заданных точек. Кроме того, при большом количестве рассматриваемых точек расчет требует значительных вычислительных и временных затрат. Для исправления этих недостатков предлагается произвести дальнейшую модификацию метода.

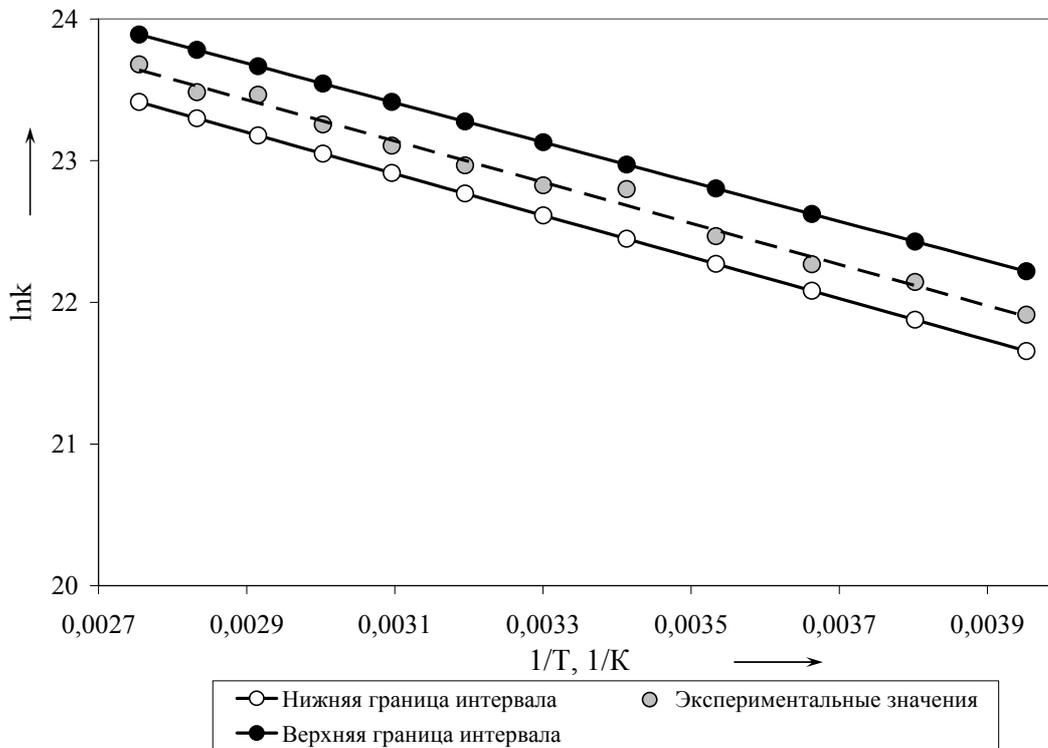


Рисунок 2 – Интервальные оценки параметров математического описания для линейной зависимости $\ln k$ от $1/T$ с учетом относительной погрешности

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МО С ПРИМЕНЕНИЕМ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Для уменьшения вычислительных затрат на шестом этапе алгоритма метода можно применить метод статистических испытаний. При этом параметры a и b будут изменяться от нижних значений интервалов \underline{a} , \underline{b} до верхних значений интервалов \bar{a} , \bar{b} с использованием равномерно распределенных случайных чисел. Все остальные этапы алгоритма решения задачи предлагается оставить без изменений.

В результате применения модифицированного метода со случайными числами были найдены интервальные оценки для a и b :

$$a = [1396; 1440], b = [27,460; 27,611].$$

В результате применения двух методов для нахождения интервальных оценок параметров (метода статистических испытаний и метода с изменением параметров a и b от \underline{a} , \underline{b} до \bar{a} , \bar{b} с некоторым шагом по каждому параметру) были получены почти полностью идентичные решения, что указывает на возможность применения обоих методов для решения такого рода задач. Однако не рекомендуется использование метода с изменением параметров a и b от \underline{a} , \underline{b} до \bar{a} , \bar{b} с некоторым

шагом по каждому параметру для комплексных систем из-за большой длительности расчетов.

Произведем еще одну небольшую модификацию предлагаемого метода – введем учет погрешности измерения независимых переменных. Для исследуемой системы одной из таких переменных может быть температура. Тогда необходимо определить параметры линейной зависимости:

$$\left[\underline{y}_i, \bar{y}_i \right] = \left[\underline{a}, \bar{a} \right] \cdot \left[\underline{x}_i, \bar{x}_i \right] + \left[\underline{b}, \bar{b} \right], \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

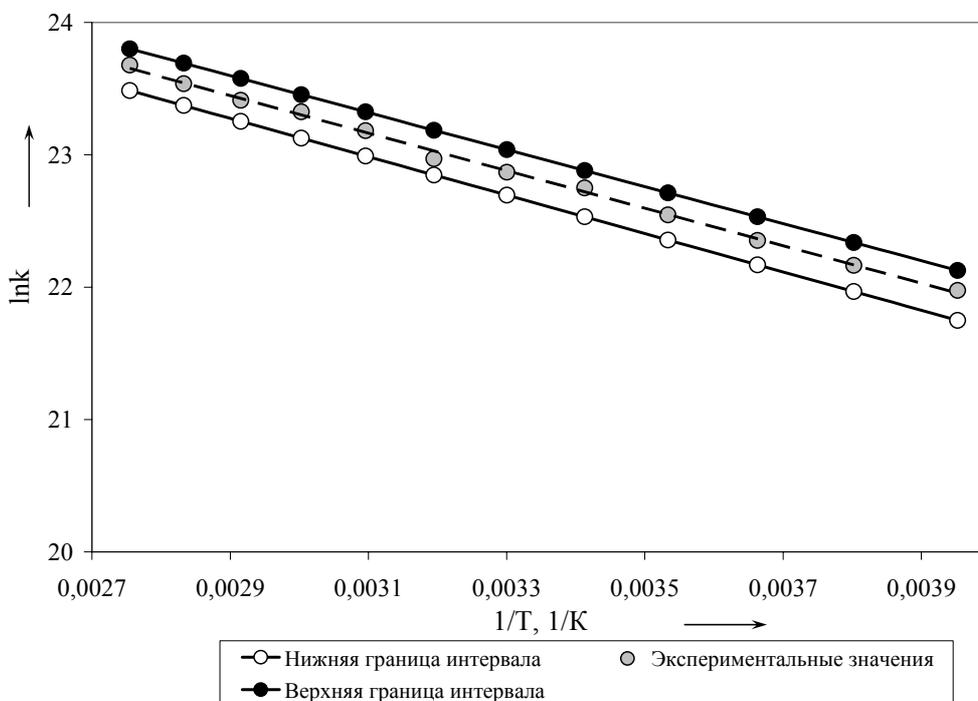


Рисунок 3 – Линейная зависимость интервальных оценок $\ln k$ от $1/T$, полученная с помощью модифицированного алгоритма с использованием случайных чисел и учетом погрешности по температуре

Результаты решения задачи с учетом погрешности измерения независимых переменных в Mathcad при относительной погрешности измерения температуры в $1K$ приведены на рисунке 3 и в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты поиска интервальных оценок для $\ln k$ с учетом относительной погрешности по температуре

№ точки	Нижняя граница	Верхняя граница	Экспериментальные значения
1	21,749	22,127	21,975
2	21,966	22,337	22,164
3	22,168	22,531	22,353
4	22,356	22,712	22,545
5	22,531	22,881	22,749
6	22,694	23,038	22,868
7	22,847	23,185	22,969

8	22,991	23,324	23,182
9	23,126	23,454	23,324
10	23,252	23,576	23,412
11	23,372	23,691	23,536
12	23,485	23,801	23,678

В результате решения задачи нахождения интервальных оценок для кинетических параметров были получены интервальные оценки для a и b :

$$a = [1397; 1451], b = [27,480; 27,050].$$

Полученные результаты интервальных оценок с учетом погрешности температуры включают в себя интервалы без учета погрешности измерения независимой переменной – температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительный анализ предлагаемых методов интервального анализа и их модификаций указывает на возможность их применения для интервального оценивания кинетических параметров жидкофазных процессов в микрореакторах. Для решения поставленной задачи, касающейся определения кинетических параметров по экспериментальным данным, наиболее подходящей является модификация метода интервального анализа с использованием случайных чисел. Этот метод дает достаточно точные результаты интервальных оценок и, кроме того, не требует больших временных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарый С.П. Стохастические подходы к интервальной глобальной оптимизации // Труды Байкальской международной школы-семинара «Методы оптимизации и их приложения», Иркутск, Байкал, 2-8 июля 2005 г. – Т. 4: Иркутск, ИСЭМСО РАН. – 2005. – 119 с.
2. Канторович Л.В. О некоторых новых подходах к вычислительным методам и обработке наблюдений // Сиб. матем. журн. – 1962. – Т. 3. – №5. – С. 701-709.
3. Половинкин Е.С., Балашов М.В. Элементы выпуклого и сильно выпуклого анализа. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 416 с.
4. Спивак С.И. Информативность кинетических измерений // Обратные задачи в приложениях: коллективная монография под общ. ред. проф. С.М. Усманова. – Бирск: БирГСПА, 2006. – 304 с.
5. Боровинская Е.С., Решетиловский В.П., Холоднов В.А., Вениаминова Г.Н., Маммидж Л. Исследование и моделирование процесса жидкофазного алкилирования фенилацетонитрила в микрореакторе и реакторе смешения // ИЗВЕСТИЯ ОрелГТУ. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: информационные системы и технологии, 2007. – №4. – С. 234-240.
6. Боровинская Е.С., Лебедева М.Ю., Вениаминова Г.Н., Холоднов В.А. К вопросу о решении обратных задач химической кинетики // Известия ВУЗов. Химия и Химическая технология, 2008. – Т.8. – №2. – С.104-107.
7. Шапоров С.Д. Прикладная статистика: учебное пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2003. – 254 с.

Боровинская Екатерина Сергеевна

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

Кандидат технических наук, ассистент
E-mail: Ekaterina.Borovinskaya@daad-alumni.de

Холоднов Владислав Алексеевич

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой ММиОХТП

E-mail: holodnow@yandex.ru.

Решетиловский Владимир Петрович

Технический университет г. Дрездена

Доктор химических наук, профессор, директор Института технической химии

E-mail: Wladimir.Reschetilowski@chemie.tu-dresden.de

Уважаемые авторы!

Со второго полугодия 2009 г.

журнал «Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии»

будет выходить под названием

«Информационные системы и технологии» («ИСиТ»).

ISSN 2072-8964.

Св-во о регистрации средства массовой информации

ПИ № ФС77-35333 от 17.02. 2009 г.

А.В. КУТЫШКИН, О.В. ШУЛЬГИН, Н.В. ШУЛЬГИНА

УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

На основе нейросетевого подхода выявлены структура и количественные параметры ключевых управленческих взаимосвязей в организационной системе – региональной системе высшего профессионального образования Ханты-Мансийского автономного округа, Югры. Определены направления изменений структуры и количественных параметров управленческих взаимосвязей для достижения уровня выпуска специалистов, удовлетворяющего потребности социальной и экономической сфер региона в высококвалифицированных кадрах.

Ключевые слова: моделирование; нейронные сети; нейросетевое моделирование; управление организационной системой; высшее профессиональное образование.

There have been found out the structure and quantitative parameters of the key management interconnections based on the neuronet approach in the organizational system – regional system of higher education in Khanty-Mansiyskiy Autonomous region – Yugra. There have been defined changes in the structure and quantitative parameters of management interconnections which are aimed to achieve a higher level of specialists preparation that can satisfy social and economic needs of the region.

Keywords: modelling; neural networks; neuronet modelling; management of the organizational system; higher professional education.

Проводимая в настоящее время реформа в сфере высшего профессионального образования в числе прочего ориентирована на создание такой системы подготовки высококвалифицированных кадров, которая полностью удовлетворяла бы потребности социальной и экономической сферы общества в специалистах с высшим образованием при минимально необходимом уровне затрат на их подготовку. По существу, последнее требование сводится к следующему: должна быть создана такая система профессионального образования, в которой не должно быть затрачено ни одного рубля на подготовку специалиста, не востребованного обществом.

Необходимым условием решения данной задачи является активизация государства в сфере управления отечественной системой профессионального образования на всех уровнях власти: федеральном, региональном и муниципальном. Проблема выбора модели управления, инициирующей развитие системы высшего профессионального образования в указанном направлении, становится как никогда актуальной. При этом важным является определение количественных параметров управленческих воздействий, при которых система высшего профессионального образования достигнет желаемого состояния. Трудность методического плана в решении задачи параметризации управления системой профессионального образования заключается в наличии значительного числа косвенных (корреляционных) управленческих воздействий, а также в существенной зависимости данной системы от воздействия экзогенных факторов, изменение которых во времени

зачастую носит неэволюторный характер. Для моделирования такого рода объектов в настоящее время широкое распространение получает подход, основанный на моделировании искусственных нейронных сетей (нейросетевой подход) [1].

Цель настоящего исследования – выявить типичные корреляционные зависимости между выпуском специалистов с высшим профессиональным образованием и обуславливающими его уровнями факторами, а также определить количественные параметры данных зависимостей применительно к системе высшего профессионального образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (далее ХМАО) – при условии заданного выпуска специалистов на основе нейросетевого моделирования.

Охарактеризуем основные результаты исследования в рамках поставленной цели. Для выявления типичных корреляционных зависимостей между выпуском специалистов с высшим профессиональным образованием и обуславливающими его уровнями факторами был проведен регрессионный анализ, исходными данными для которого явились следующие показатели, публикуемые в официальных статистических сборниках Росстата [2; 3; 4; 5; 6; 7; 8]:

y – выпуск специалистов учреждениями высшего профессионального образования (ВПО) региона в 2006 году, в тыс. чел. Данный показатель рассматривается в качестве результирующего, характеризующего выходной поток региональной системы ВПО.

u_1 – число высших учебных заведений в регионе на начало 2001-2002 уч. года. Выбор временного периода (2001-2002 уч. год) для данного и ряда последующих показателей требует пояснений. Дело в том, что основной входной поток в систему ВПО – поток абитуриентов – для выпуска 2006 года приходится на период 2001-2002 уч. года (т.е. имеет место в среднем пятилетний лаг). В связи с этим, такой фактор как число вузов в регионе обуславливает выпуск 2006 года не в 2006 году, а именно в период поступления абитуриентов в вузы, т.е. в 2001 году.

u_2 – учебно-лабораторная площадь зданий государственных вузов региона на начало 2001-2002 уч. года, в тыс. кв. м. Данный факторный показатель является одним из основных среди нормативных показателей, установленных для вузов. Поскольку статистические данные по негосударственным вузам отсутствуют, показатель характеризуется статистикой только по государственным вузам. Отметим, что в рамках регрессионного анализа данное обстоятельство не повлияет существенным образом на окончательные выводы, т.к. основные тенденции влияния данного фактора на результирующий показатель могут быть выявлены и по ограниченному (по охвату исследуемой совокупности) данным.

u_3 – площадь общежитий в расчете на одного студента вузов региона на начало 2001-2002 уч. года, в кв. м. Данный показатель, как и предыдущий, также является одним из показателей, нормативно определяемым в рамках лицензирования учреждений ВПО и характеризующим условия обучения студентов.

u_4 – обеспеченность студентов гос.вузов региона посадочными местами в организациях общепита на начало 2001-2002 уч. года, в процентах от нормы.

u_5 – выпуск учащихся дневными средними (полными) образовательными учреждениями региона в 2001 г., тыс. чел. Данный показатель характеризует условия формирования входного потока (потока абитуриентов) в систему. Отметим, что, возможно, при устойчивой во времени доле выпускников средних образовательных учреждений, поступающих в вузы, данный показатель будет являться

мультиколлинеарным по отношению к показателю числа абитуриентов. В этом случае данный показатель из анализа исключается.

u_6 – выпуск специалистов государственными вузами региона в 2001 г., тыс. чел. Данный показатель так же, как и предыдущий, характеризует условия формирования входного потока (потока абитуриентов) в систему. Требование проверки на мультиколлинеарность с показателем приема студентов в вузы сохраняется и для него.

u_7 – прием студентов в вузы региона в 2001 г., тыс. чел. Данный показатель является основным при характеристике входного потока в систему.

u_8 – конкурс на вступительных экзаменах в 2001 г., с учетом студентов с полным возмещением затрат на обучение, чел. Данный показатель является своеобразным индикатором напряженности входного потока в систему. С определенной точки зрения он может рассматриваться как показатель востребованности учреждений ВПО со стороны потенциальных студентов (или желающих приобрести специальность высокой квалификации).

u_9 – удельный вес безработных, имеющих высшее образование в 2001 г., в процентах к численности безработных в регионе. Данный показатель косвенно характеризует степень привлекательности высшего образования для потенциальных абитуриентов. Очевидно, что чем ниже значение данного показателя, тем выше стимул к поступлению в вуз, и наоборот.

u_{10} – среднегодовой прирост доли выпускников государственных вузов, получивших направления на работу за период 2001-2006 гг., в процентах. Данный показатель отражает гарантированную возможность трудоустройства выпускников. Для анализа взяты его среднегодовые значения за рассматриваемый период. В отличие от предыдущего показателя, определяемого на момент поступления в вуз, данный показатель оказывает влияние на принятие решения студентом о продолжении учебы в вузе на всем протяжении его обучения.

u_{11} – среднегодовой прирост инвестиций в основной капитал, направленных в отрасль «Образование» (по высшему профессиональному образованию) за период 2001-2006 гг., в процентах (на основе сопоставимых цен). Данный показатель является одним из важнейших, на наш взгляд, показателей, характеризующих функциональное воздействие на систему профессионального образования, т.е. воздействие, оказывающее влияние на формирование материально-технических условий подготовки специалистов.

u_{12} – среднегодовой прирост бюджетного финансирования отрасли «Образование» (по высшему профессиональному образованию) в 2001-2006 гг., в процентах (на основе сопоставимых цен). Как и предыдущий показатель, данный показатель характеризует функциональное воздействие на систему профессионального образования. Однако в отличие от предыдущего, отражающего долгосрочные вложения средств, данный показатель отражает текущее финансирование отрасли.

u_{13} – среднегодовой прирост доли студентов, обучающихся с полным возмещением затрат на обучение в 2001 - 2006 гг., в процентах. Данный показатель взят для анализа с целью выяснения того, насколько существенно влияние на выпуск специалистов увеличения доли студентов, обучающихся на платной основе.

Исходные данные в рамках приведенных показателей были сформированы по выборочной совокупности регионов Российской Федерации, в которых численность студентов в учреждениях ВПО находилась примерно на одинаковом уровне (средняя численность студентов в регионах составила 362 тыс. чел.). В выборочную совокупность вошел 31 регион. При этом коэффициент вариации численности студентов составил 11%.

Регрессионный анализ проводился с помощью пакета прикладных программ Statistica 7.0. В результате была получена следующая регрессионная модель:

$$y = -0,07 u_3 + 0,36 u_5 + 0,4 u_6 - 0,4 u_{10} + 0,35 u_{11} + 0,82 u_{12} - 0,9 u_{13} . \quad (1)$$

При этом показатели надежности модели следующие: индекс множественной корреляции $I(y) = 0,96$; индекс детерминации $I^2(y) = 0,92$, что свидетельствует о тесной связи между результативным и факторными показателями. Критерий Фишера $F = 1080,03$; вероятность того, что изменение результативного показателя обусловлено случайными факторами, меньше 0,00000, что говорит о достаточно высокой надежности модели. Построенная модель отражает корреляционные зависимости между выпуском специалистов из учреждений ВПО в 2006 г. и рядом факторных показателей, характерные для российской системы высшего профессионального образования по относительно сопоставимым регионам. В этом плане данная модель может характеризоваться как устойчивая (типовая) модель управляющих воздействий на региональные системы высшего профессионального образования, описывающая общие для рассматриваемых регионов тенденции.

Далее прогностические возможности модели были оценены в рамках ретроспективного анализа применительно к системе ВПО ХМАО. Целью данного анализа является выявление отклонений между фактическими значениями выпуска специалистов учреждениями ВПО и расчетными, полученными на основе построенной модели. Для анализа были взяты показатели выпуска за 2006 и 2007 гг. Факторные показатели для выпуска 2006 года принимались такими же, как и для построения типовой модели. Для выпуска 2007 г. показатели u_3, u_5, u_6 принимались по состоянию на 2002 г.; показатели $u_{10} - u_{13}$ за период 2002-2006 гг. Результаты сравнения фактического выпуска с расчетным приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение фактического выпуска с расчетным выпуском

Показатель	Обозначение	для выпуска 2006 г.	для выпуска 2007 г.
Фактический выпуск, тыс. чел.	y	6,80	6,92
Расчетный выпуск, тыс. чел.	y_p	5,30	5,56
Относительное отклонение (ошибка прогнозирования)	$\frac{y_p}{y} - 1$	-0,22	-0,20

Результаты анализа показывают, что расчетные значения выпуска отклоняются от фактического примерно на 20%. Отметим, что данные отклонения нельзя считать ошибками, принципиально отрицающими результат прогнозирования. По существу, перед нами отклонения, обусловленные отличительными особенностями системы высшего профессионального образования ХМАО в сравнении с общероссийскими тенденциями. Можно сказать, что построенная модель позволила выявить некоторые

существенные факторы, обуславливающие выпуск специалистов. Вместе с тем, необходимо совершенствовать построенную модель, а именно, следует уточнить значения коэффициентов регрессии применительно к системе высшего профессионального образования ХМАО. Кроме того, модель управления должна учитывать структуру выпуска специалистов, чего нет в типовой регрессионной модели. Отмеченные недостатки устраняются в рамках нейросетевого моделирования.

Структуризация искусственной нейронной сети проведена следующим образом. В качестве выходных потоков сети приняты данные о выпуске специалистов учреждениями ВПО ХМАО по направлениям подготовки специалистов в рамках групп, используемых Росстатом при определении отраслевой специализации ВПО:

y_1 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Промышленность и строительство»;

y_2 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Транспорт и связь»;

y_3 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Экономика и право»;

y_4 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Здравоохранение, физическая культура и спорт»;

y_5 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Образование»;

y_6 – выпуск специалистов в рамках отраслевой специализации «Искусство и кинематография».

В качестве входных потоков приняты факторные переменные типовой регрессионной модели (1): $u_3, u_5, u_6, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}$.

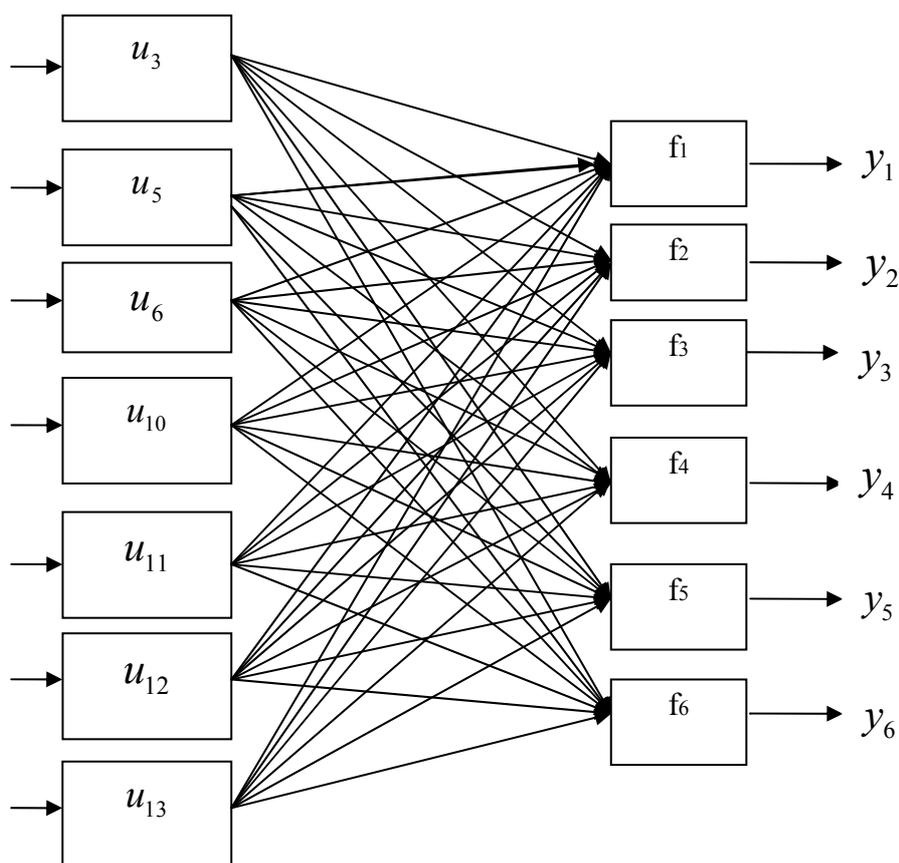


Рисунок 1 – Структура нейронной сети для модели системы ВПО ХМАО

Построение нейросетевой модели проводилось с использованием пакета Statistica Neural Networks (Statistica 7.0).

Структура нейронной сети представлена на рисунке 1. Построенная нейронная сеть представляет собой однослойный перцептрон с семью входами и шестью выходами. Исходные данные для нейросетевого моделирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для нейросетевого моделирования системы ВПО ХМАО

Показатель	Год								
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Выходные потоки									
y_1	0,58	0,63	0,82	1,28	1,65	2,22	2,44	2,79	2,84
y_2	0,13	0,14	0,14	0,23	0,30	0,44	0,49	0,61	0,62
y_3	0,20	0,25	0,34	0,69	0,95	1,22	1,40	1,63	1,73
y_4	0,15	0,19	0,22	0,36	0,43	0,50	0,49	0,48	0,42
y_5	0,32	0,31	0,40	0,59	0,78	0,94	1,04	1,02	1,04
y_6	0,07	0,06	0,08	0,13	0,22	0,22	0,24	0,27	0,28
Входные потоки									
u_3	22,20	24,70	27,90	33,50	38,50	42,87	46,30	49,70	50,30
u_5	9,80	10,40	11,65	12,98	14,23	15,80	16,70	17,30	17,44
u_6	1,90	1,92	1,99	2,05	2,11	2,15	2,19	2,20	2,34
u_{10}	2,00	4,00	3,60	4,80	6,60	8,20	7,90	8,00	6,70
u_{11}	1,20	1,90	2,20	2,10	3,30	3,50	4,40	5,10	7,89
u_{12}	2,30	2,45	5,65	6,45	7,23	7,14	7,65	8,10	8,90
u_{13}	1,10	1,20	1,20	1,34	3,40	4,70	4,80	5,10	6,12

Результаты анализа нейрорегрессии (при заданном 90%-м уровне надежности) - регрессионные модели и оценка средней ошибки прогноза по каждому выходному потоку в рамках построенных моделей - представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Модели нейрорегрессии выпуска специалистов по отраслевым специализациям подготовки

Отраслевая специализация	Модель	Индекс множественной корреляции	Средняя относительная ошибка прогноза, %
Промышленность и строительство	$y_1 = 0,2145u_{11} + 0,1951u_{12}$	0,94	7
Транспорт и связь	$y_2 = -0,388 + 0,026u_3 - 0,0385u_{12}$	0,96	9
Экономика и право	$y_3 = -1,3587 + 0,1443u_5 + 0,0834u_{13}$	0,96	9
Здравоохранение, физическая культура и спорт	$y_4 = 0,0467u_{10} + 0,015u_{12}$	0,95	8
Образование	$y_5 = -8,1 + 4,5u_6 - 0,06u_{11} - 0,073u_{12}$	0,98	6

Искусство и кинематография	$y_6 = -0,237 + 0,03u_5$	0,95	1
----------------------------	--------------------------	------	---

Отметим, что по сравнению с типовой моделью (1) нейрорегрессионные модели дают прогноз, характеризующийся меньшей ошибкой. Так, по всем нейрорегрессионным моделям средняя ошибка прогноза не превышает 10%. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что построенные модели по каждому выходному потоку сети могут использоваться для прогнозирования будущих показателей выпуска или для определения весовых параметров моделей под заданный выпуск.

Для определения параметров системы ВПО ХМАО, обеспечивающих выпуск специалистов в соответствии с потребностями региона, построенная нейронная сеть была скорректирована с учетом требуемых значений выходных потоков. В качестве последних были приняты среднегодовые прогнозные данные требуемого количества специалистов с высшим профессиональным образованием, рассчитанные на основе [9] (Таблица 4).

Таблица 4 – Требуемый выпуск специалистов учреждениями ВПО в прогнозном периоде

Отраслевая специализация	Среднегодовой выпуск, тыс.чел.
Промышленность и строительство	4
Транспорт и связь	0,97
Экономика и право	0,4
Здравоохранение, физическая культура и спорт	1,28
Образование	0,35
Искусство и кинематография	0,01
Всего	6,92

Программа Statistica Neural Networks по отношению к каждому выходному потоку сформировала модели нейрорегрессии, параметры которых и средняя ошибка прогнозирования приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Модели нейрорегрессии требуемого выпуска специалистов по отраслевым специализациям подготовки

Отраслевая специализация	Модель	Индекс множественной корреляции	Средняя относительная ошибка прогноза, %
Промышленность и строительство	$y_1 = 0,311u_{11} + 0,1558u_{12}$	0,94	9
Транспорт и связь	$y_2 = -0,5 + 0,03u_3 - 0,04u_{12}$	0,90	11
Экономика и право	$y_3 = -1,32 + 0,15u_5$	0,90	10
Здравоохранение, физическая культура и спорт	$y_4 = 0,18u_{11} + 0,32u_{12}$	0,89	12
Образование	$y_5 = -2,6 + 0,1u_6$	0,89	13

Искусство и кинематография	$y_6 = 0,04u_{10} - 0,09u_{13}$	0,88	12
----------------------------	---------------------------------	------	----

Результаты нейрорегрессии показали, что для некоторых выходных потоков не просто изменились коэффициенты регрессии, но сеть определила для них иные значимые факторные переменные. На основе выявленных зависимостей можно определить примерные направления мероприятий по управлению системой ВПО ХМАО, ориентированные на обеспечение требуемого выпуска специалистов (Таблица 6).

Таблица 6 – Рекомендации по управлению системой ВПО ХМАО

Отраслевая специализация	Модель
Промышленность и строительство	Увеличить объем инвестиций в учреждения, готовящие выпускников по данной специализации примерно на 45% от уровня 2007 г. При этом объемы бюджетного финансирования данного направления подготовки остаются примерно на таком же уровне, как и в 2007 г.
Транспорт и связь	Увеличить площадь общежитий в расчете на одного студента примерно на 1% и увеличить на такой же процент объем бюджетного финансирования данного направления подготовки.
Экономика и право	Снизить количество платных мест обучения по данному направлению, оставив возможность поступления на данные специальности на бюджетные места только по ценовым показателям ЕГЭ.
Здравоохранение, физическая культура и спорт	Увеличение объемов финансирования данного направления подготовки примерно на 30% от уровня 2007 года.
Образование	Необходимо практически полностью переориентировать набор абитуриентов с выпускников школ на выпускников средних специальных учебных заведений.
Искусство и кинематография	Необходимо осуществлять набор абитуриентов только под обеспечение гарантированного трудоустройства и на платной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейронные сети: история развития теории: учеб. пособие; [под общ. ред. А.И. Галушкина], Я.З. Цыпкина – М.: ИПРЖР, 2001. – 839 с.
2. Образование в России. 2003: Стат. сб./ Госкомстат России. – М., 2003. – 414 с.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2007: стат. сб., Росстат. – М., 2007. – 991с.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005: стат. сб., Росстат. – М., 2006. – 982 с.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004: стат. сб., Росстат. – М., 2005. – 981 с.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003: стат. сб., Росстат. – М., 2004. – 988 с.
7. Российский статистический ежегодник. 2007: стат.сб., Росстат. – М., 2007. – 825 с.
8. Российский статистический ежегодник. 2004: стат.сб., Росстат. – М., 2004. – 725 с.
9. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа - Югры до 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.admhmao.ru>.

Кутышкин Андрей Валентинович

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск
Доктор технических наук, профессор

Тел. (3467) 35-75-74
E-mail: avk_200761@pochta.ru

Шульгин Олег Валерьевич

Нижевартровский экономико-правовой институт
(филиал) Тюменского государственного университета, г. Нижневартовск
Кандидат экономических наук, доцент? зав. кафедрой «Экономика»
Тел. (3466) 65-35-52
E-mail: shul.oleg.val@mail.ru

Шульгина Наталья Валерьевна

Нижевартровский экономико-правовой институт
(филиал) Тюменского государственного университета, г. Нижневартовск
Старший преподаватель кафедры «Экономика»
Тел. (3466) 65-35-52
E-mail: shul.oleg.val@mail.ru

В.Л. КУРОВСКИЙ, С.Г. ФОМИЧЁВА, А.А. ПОПКОВА

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННО-БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА ВУЗА

Сетевые информационные ресурсы в сочетании с традиционными ресурсами обеспечивают современной вузовской библиотеке роль информационно-образовательного центра. Библиотека, оснащённая новейшими информационными и телекоммуникационными средствами, становится важной составной частью развитой учебно-педагогической инфраструктуры вуза. В данной статье рассматривается решение задачи «мягкого» мониторинга информационно-библиотечного фонда Норильского индустриального института (НИИ).

Ключевые слова: управление качеством образования; непрерывный мониторинг; обеспеченность вузовской библиотеки; обучение сети; аттестация вуза; показатели библиотеки.

Networked Information Resources in conjunction with traditional resources provide a modern university library role of information and education center. The library is equipped with advanced information and telecommunication facilities, it has become an important part of advanced training and educational infrastructure of the institution. In article is considered decision of the problem «soft» monitoring information-library fund of the Norilsk Institute of Industry (NII).

Keywords: management quality formation; unceasing monitoring; supply libraries of the high school; education to network; qualification of the high school; factors of the library.

Для многих ВУЗов РФ становится актуальной задача непрерывного мониторинга уровня информационного обеспечения учебного процесса и обоснованности рационального использования аппаратно-программных и людских ресурсов ВУЗа на комплектование соответствующих фондов. В данной статье рассматривается решение задачи «мягкого» мониторинга информационно-библиотечного фонда Норильского индустриального института (НИИ). В НИИ управление информационно-библиотечным фондом проводится с использованием программного комплекса АИБС «МАРК-SQL» (ЗАО «НПО «Информ-система», г. Москва). Данная система выполняет поддержку следующих функций:

- комплектование и обработка изданий для оперативного обновления фондов и информационное обслуживание читателей;
- создание электронных каталогов и электронной картотеки обеспеченности учебного процесса учебной литературой;
- создание и использование фонда электронных изданий и полнотекстовых баз данных;
- создание и использование системы учёта читателей и их посещаемости;
- предоставление доступа к информационным ресурсам (глобальной сети Интернет, юридическим базам данных (например, «Гарант», «Консультант +»), электронному каталогу библиотеки, электронным полнотекстовым журналам, электронным учебникам и к информации на компакт-дисках.

При комплектовании фонда Библиотека вузов руководствуется нормативными документами, которые являются определяющими критериями для оценки соответствующих учебных заведений при их лицензировании, аккредитации и

аттестации. Данные нормативы, действующие на текущий период, и значения этих показателей на примере НИИ представлены в таблице 1. Отметим, что в библиотеке НИИ имеется в наличии база всех электронных внутривузовских изданий, включая статьи, учебные пособия, методические указания и т.д. Следует отметить, что доля электронных изданий по отношению к традиционным существенно возрастает из года в год.

Принимая во внимание, что нормативные данные, устанавливаемые Федеральным агентством по образованию РФ, по относительным показателям (критериям) библиотеки подвержены изменению, особенно, при переходе на двухуровневую систему обучения. Одной из важнейших задач становится необходимость упрощения механизмов адаптации программного комплекса под новые нормативы при снижении временных затрат на адаптацию и минимизацию рисков хранения противоречивой информации.

Таблица 1 – Список относительных показателей (критериев) библиотеки

Критерии	Название структуры фонда	Циклы дисциплин	Требования к критерию	Значения критериев для библиотеки ГОУ ВПО «НИИ»			
				Октябрь 2007 г.	Декабрь 2007 г.	Март 2008 г.	Ноябрь 2008 г.
1. Объём фонда основной учебной литературы	Фонд основной учебной литературы (основной и дополнительной)	-	По количеству названий не менее 60% от всего библиотечного фонда (>0,6)	0,75	0,75	0,76	0,78
2. Коэффициент книгообеспеченности	Фонд основной учебной литературы	ГСЭ, ЕН, ОПД	0,5	0,83 0,85 0,73	0,84 0,85 0,74	0,84 0,86 0,74	0,86 0,87 0,75
		СД	0,5	0,73	0,73	0,74	0,75
	Фонд дополнительной литературы	По всем циклам дисциплин (гсэ, ен, опд, сд)	0,2-0,25	0,94 0,98 0,96	0,94 0,98 0,96	0,95 0,98 0,97	0,95 0,98 0,97
3. Наличие учебных изданий, имеющих гриф министерства образования РФ	Фонд основной учебной литературы	ГСЭ, ЕН, ОПД, СД	По количеству названий не менее 60% от всего фонда основной учебной литературы (>0,6)	0,76 0,74 0,78 0,78	0,76 0,74 0,78 0,78	0,78 0,75 0,79 0,79	0,79 0,76 0,80 0,80

Продолжение таблицы 1

4. Критерий устареваемости учебных изданий из учебного фонда	Фонд основной учебной литературы	ГСЭ, СД	5 лет (доля книг, удовлетворяющих данному критерию >0,6)	0,60 0,61	0,61 0,61	0,62 0,62	0,63 0,63
		ЕН, ОПД	10 лет (доля книг, удовлетворяющих данному критерию >0,6)	0,73 0,62 0,61	0,73 0,63 0,61	0,74 0,74 0,62	0,76 0,76 0,64

В данной работе рассмотрим задачу мониторинга информационно-библиотечного фонда вуза в рамках возможности приобретения студентом необходимых компетенций для подготовки выпускников уровня бакалавра, специалиста или магистра.

Для решения этой проблемы из приведённых в таблице 1 относительных показателей библиотеки сначала выделим входные количественные и качественные показатели, и введём для них обозначения. В этой же таблице приведены значения мягкого мониторинга информационно-библиотечного фонда НИИ за 2007 – 2008 гг., полученные в результате внедрения рассматриваемого в статье модуля нейро-нечёткого управления.

К количественным критериям можно отнести следующие показатели:

– *Объём фонда:* $k_1 = \frac{\text{учебный фонд библиотеки}}{\text{общий библиотечный фонд}} \cdot 100\%$;

– *Коэффициент книгообеспеченности:* $k_2 = \frac{\text{кол. – во экз. книг по дисциплине}}{\text{кол. – во студентов в группе(ах)}}$;

– *Наличие учебных изданий, имеющих гриф Министерства образования РФ*, который должен составлять по количеству названий на текущий момент (по нормативным документам) не менее 60% от всего фонда основной учебной литературы, то есть: $k_3 = \frac{\text{количество литературы с грифом УМО}}{\text{фонд основной учебной литературы}} \cdot 100\%$.

Качественными критериями системы являются показатели:

– *Критерий устареваемости основных учебных изданий из учебного фонда.* На одного студента библиотека должна предоставить комплект учебно-методической литературы, включающий учебник или учебное пособие, задачник, лабораторный практикум или указания к решению задач. С учётом степени устареваемости литературы библиотечный фонд может быть не полностью укомплектован и своевременно обновлён, во-первых, по причине ограничений

финансовых ресурсов высшего образовательного учреждения; во-вторых, если дисциплина является дисциплиной по выбору, узкоспециализированной или новой, возможны ситуации, что существует небольшое количество изданий, выпускающих учебники по данным направлениям науки и образования, либо сама литература является достаточно редкой, труднодоступной, малотиражной [1], технической или дорогостоящей. И наоборот, существуют «классические» учебники, содержащие актуальную информацию в течение данного периода времени. Исходя из этого, возможны ситуации, когда *все* книги или только *часть* из них по определённой дисциплине *устарели*, либо комплектование изданиями основной учебной литературы производится *своевременно*.

– Показатель *обращаемости книги* показывает эффективность использования библиотечного фонда и может быть вычислен по формуле (для конкретной дисциплины):

$$k_5 = \frac{\text{кол. - во взятых экз. книг}}{\text{кол. - во экз. книг}} = \frac{\text{Читаемость}}{\text{Книгообеспеченность}} \quad (1)$$

С помощью данного показателя можно отследить, насколько часто студенты используют библиотечный ресурс, который был закуплен по определённой дисциплине. Исходя из (1), *показатель обращаемости будет равен 1*, если каждый ресурс один раз за фиксированный период обучения, например, за год, был востребован студентами. Высокое значение эффективности использования библиотечного фонда (>1), возможно в случае высокой читаемости контингента студентов, и, наоборот, застаивание библиотечного фонда наблюдается, когда, во-первых, учебная литература практически не применяется в образовательном процессе и, во-вторых, когда показатель книгообеспеченности учебной литературой намного превышает единицу. С другой стороны, при низкой обеспеченности учебной литературой - $\leq 0,5$ можем наблюдать быстрое увеличение значения показателя обращаемости книги по мере незначительного увеличения показателя читаемости студентов. В то же время существенным моментом является отслеживание применения и эффективного использования не только взятой в библиотеке на руки студентом литературы по определённой дисциплине, но и применение в процессе обучения электронных статей, пособий и изданий, что до внедрения рассматриваемого в статье нейро-нечеткого модуля в системе мониторинга не учитывалось.

– Материально-техническая база библиотеки. Компьютеризация библиотечных процессов» определяется совокупностью таких показателей, как наличие доступа к информационным ресурсам сети Интернет, наличие и степень использования электронного каталога книг и электронной картотеки читателей, реализация автоматизированного комплектования учебного фонда библиотеки и обработки изданий и наличие электронных изданий и полнотекстовых баз данных в вузе.

Так как учебные издания являются одним из основных средств обучения в вузе, введём качественный критерий «Учебно-методическое и информационное обеспечение библиотеки учебного заведения», который определяется (с учётом приоритета) объёмом фонда основной учебной литературы библиотеки, коэффициентом книгообеспеченности, наличием учебных изданий, имеющих гриф Министерства образования РФ, критерием устареваемости учебной литературы, показателем обращаемости по дисциплине и материально-технической базой библиотеки по степени её компьютеризации (таблица 1).

Отметим, что входная и выходная информация рассматриваемой системы является разнокачественной (есть и количественные, и качественные критерии), оценка значений параметров системы проводится с помощью различных шкал, а границы системы и отдельных её составляющих являются нечёткими. Если возникает необходимость управлять объектом, который обладает неоднозначными свойствами, описание которого заведомо неполно либо не может быть сведено к простой математической модели, то в качестве альтернативного метода управления могут быть выбраны модули нейро-нечёткого управления [2]. Модули нейро-нечёткого управления представляют собой системы управления, объединяющие нейронные сети и системы управления с нечёткой логикой. Объединение обоих подходов позволяет сформировать гибридную систему, способную адаптироваться и ускорить принятие решений [3]. В результате, рассматриваемая нами задача непрерывного мониторинга уровня информационного обеспечения учебного процесса и обоснованности рационального использования аппаратно-программных и людских ресурсов ВУЗа на комплектование соответствующих фондов сводится к созданию нечёткой продукционной модели на основе нейросетевой технологии.

Для построения нейро-нечёткой сети на основе выделенных выше количественных и качественных критериев построим соответствующие лингвистические переменные и определим их термы и функции принадлежности. На предварительном этапе в качестве функций принадлежности используем типовые L-R-функции: треугольные и трапецеидальные, а также функции принадлежности сигмоидного типа.

В данной статье основной целью является определение *структуры* нейро-нечёткого модуля. Процесс обучения нейронной сети с целью улучшения форм функций принадлежности (например, $\mu_{A_{11}}(x_1)$, рис. 1а), уточнения центров (например, для функции принадлежности $\mu_{A_{22}}(x_2) - \psi_2$, рис. 2) и параметров функций принадлежности (например, для функции принадлежности $\mu_{A_{11}}(x_1) - \xi_1$ и ξ_3 , рис. 1), а также коррекции нечётких правил в процессе наблюдения за объектом и уменьшения их количества путём объединения, в данной статье не рассматривается.

Рассмотрим входные параметры нейро-нечёткого модуля мониторинга информационно-библиотечного фонда вуза. В данной задаче управления к количественным критериям применимы операции нормирования и фуззификации.

Качественный критерий *Объём учебного фонда, дополненный электронными внешними или внутривузовскими изданиями* – x_1 и его термы (рис. 1а):

- **не соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{11}}(x_1)$);
- **соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{21}}(x_1)$).

Качественный критерий *Коэффициент книгообеспеченности* – x_2 и его термы (рис. 1б):

- **не соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{12}}(x_2)$);
- **частично соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{22}}(x_2)$);
- **соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{32}}(x_2)$).

Качественный критерий *Наличие учебных изданий, имеющих гриф Министерства образования РФ* – x_3 и его термы (рис. 2а):

- **не соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{13}}(x_3)$);
- **соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{23}}(x_3)$).

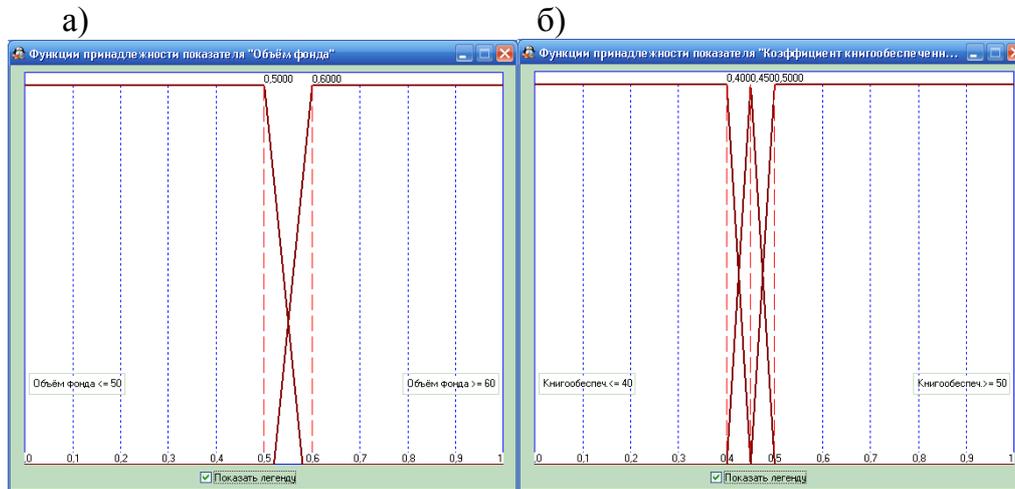


Рисунок 1 – Функции принадлежности лингвистических переменных
 а) *Объём фонда* б) *Коэффициент книгообеспеченности*

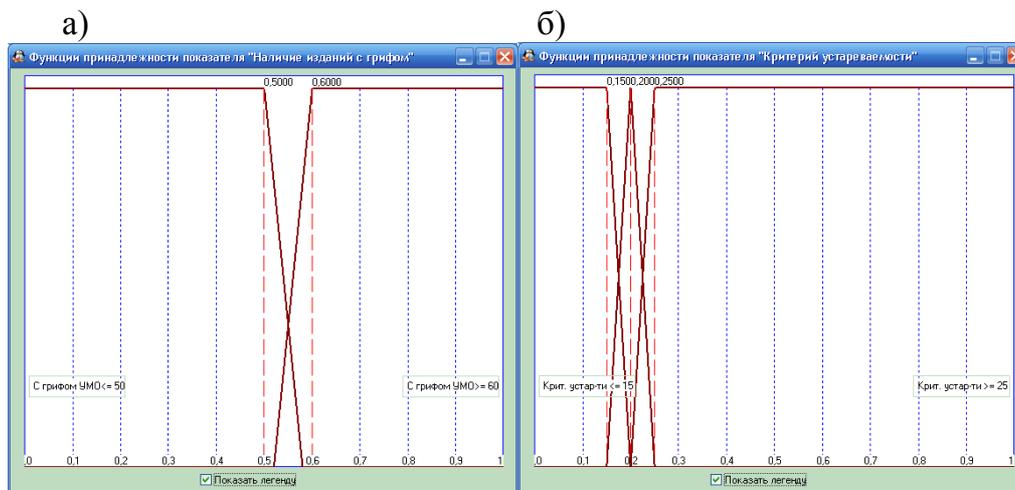


Рисунок 2 – Функции принадлежности лингвистической переменной
 а) *Наличие учебных изданий с грифом*
 б) *Критерий устареваемости основных учебных изданий из учебного фонда*

Качественный критерий *Критерий устареваемости основных учебных изданий из учебного фонда* – x_4 и его термы (рис. 2б).

- **не соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{14}}(x_4)$);
- **частично соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{24}}(x_4)$);
- **соответствует** установленным минимальным нормам (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{34}}(x_4)$).

Качественный критерий «5. Показатель обращаемости книги по дисциплине» - x_5 и его термы (рис. 3):

- **не соответствует** установленным минимальным нормам (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{15}}(x_5)$);
- **соответствует** установленным минимальным нормам (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{25}}(x_5)$).

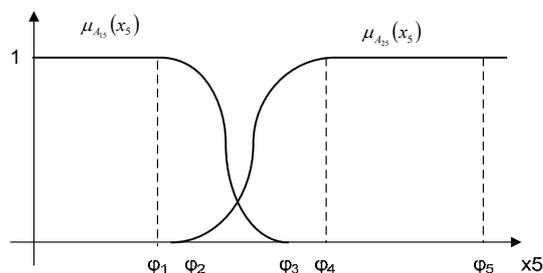


Рисунок 3 – Функции принадлежности лингвистической переменной Показатель обращаемости книги

Качественный критерий Материально-техническая база библиотеки. Компьютеризация библиотечных процессов – x_6 и его термы (рис. 4):

- **низкая** компьютеризация библиотечных процессов (вся обработка информации проводится вручную и/или не имеется доступ к информационным ресурсам сети Интернет) (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{16}}(x_6)$);

- **средняя** компьютеризация библиотечных процессов (имеется доступ к информационным ресурсам сети Интернет и/или не имеется электронный каталог книг) (гауссовская функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{26}}(x_6)$);

- **нормальная** компьютеризация библиотечных процессов (имеется доступ к информационным ресурсам сети Интернет, Электронному каталогу книг, и/или не имеется электронная картотека читателей, и/или не имеется Автоматизированное комплектование и обработка изданий) (гауссовская функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{36}}(x_6)$);

- **высокая** компьютеризация библиотечных процессов (имеется доступ к информационным ресурсам сети Интернет, Электронный каталог книг, Электронная картотека читателей, Автоматизированное комплектование и обработка изданий и/или не имеется Электронные издания и полнотекстовые базы данных, а также возможность присвоения каждому изданию штрихового кода) (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{46}}(x_6)$).

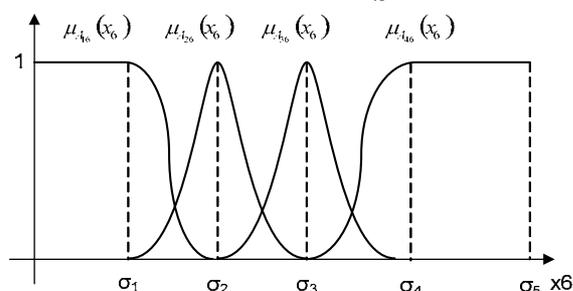


Рисунок 4 – Функции принадлежности лингвистической переменной Материально-техническая база библиотеки

Далее рассмотрим лингвистическую переменную «Учебно-методическое и информационное обеспечение библиотеки учебного заведения (конкретной дисциплины)», которая является выходным параметром у рассматриваемой системы принятия решений и имеет следующие термы (таблица 1, рис. 5):

– **низкое обеспечение**, которое является недостаточным для выпускника приобретения компетенций уровня бакалавра (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества – $\mu_{B_1}(y)$);

– **среднее обеспечение**, позволяет выпускнику приобрести компетенции уровня бакалавра (гауссовская функция принадлежности нечёткого множества – $\mu_{B_2}(y)$);

– **нормальное обеспечение**, позволяет выпускнику приобрести компетенции уровня специалиста (гауссовская функция принадлежности нечёткого множества – $\mu_{B_3}(y)$);

– **высокое обеспечение**, позволяет выпускнику приобрести компетенции уровня магистра и докторанта (сигмоидальная функция принадлежности нечёткого множества – $\mu_{B_4}(y)$);

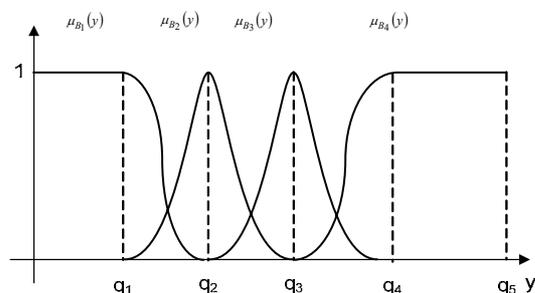


Рисунок 5 – Функции принадлежности лингвистической переменной Учебно-методическое и информационное обеспечение библиотеки учебного заведения

База правил нечёткой продукционной модели для данного случая может быть представлена структурой типа MISO (Multi Inputs – Single Output) и относится к типу *нечётких лингвистических продукционных правил*, в которых предпосылки и заключения являются нечёткими высказываниями. Правила, предпосылки и заключения которых формируются на основе нечётких множеств, можно представить в следующем виде:

$$P_j: \text{ЕСЛИ } x_1 \text{ есть } A_{j1} \text{ И...И } x_i \text{ есть } A_{ji} \text{ И...И } x_n \text{ есть } A_{jn}, \\ \text{ТО } y \text{ есть } B_j, \quad i = \overline{1, n} \text{ и } j = \overline{1, m},$$

где P_j – j -тое нечёткое правило ($j = \overline{1, m}$);

m – количество нечётких правил;

A_{ji} – нечёткие множества входных лингвистических переменных x_i , влияющих на y ;

n – количество входных лингвистических переменных;

B_j – нечёткие множества выходной переменной y .

В настоящее время среди алгоритмов нечёткого вывода, поддерживающих базу правил с MISO-структурой, наибольшее распространение получили алгоритмы Мамдани, Ларсена, Цукамото и Такаги-Сугэно. Можно отметить, что в нечётких продукционных моделях имеет место экспоненциальное возрастание числа нечётких правил при стремлении к нулю ошибки аппроксимации. С практической точки зрения, достаточно иметь приемлемо хорошую точность аппроксимации. В этом

случае задача состоит в поиске возможного компромисса между указанной точностью и числом правил модели, которые позволяют осуществить аппроксимацию с заданной точностью за приемлемое время [4].

Принимая во внимание, что виды функции принадлежности – треугольные, трапецеидальные и сигмоидные, и база правил модуля нечёткого вывода относится к типу *нечётких лингвистических продукционных правил*, остановим свой выбор на алгоритме нечёткого вывода Мамдани, пренебрегая скоростью вычислений и точностью аппроксимации, так как данная задача будет решена на этапе обучения нейронной сети.

Для решения поставленной задачи определения состояния учебно-методического и информационного обеспечения библиотеки учебного заведения структура *предварительной* нечёткой продукционной сети ANFIS (рис. 6), реализующая алгоритм нечёткого вывода Мамдани, включает 5 слоёв.

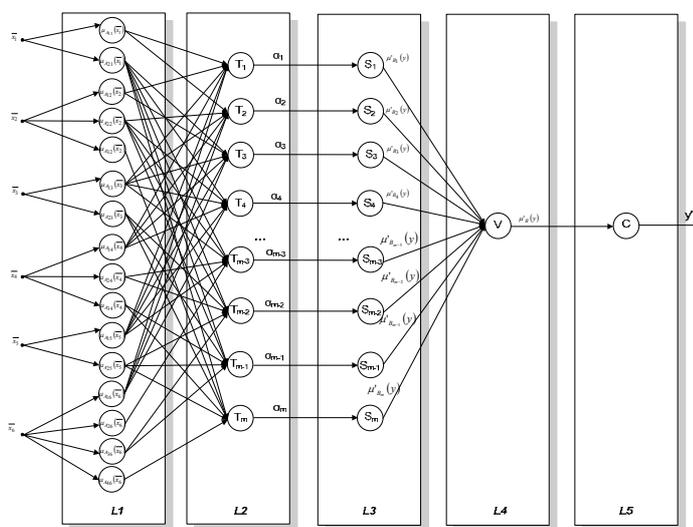


Рисунок 6 – Структура нечёткой нейронной продукционной сети ANFIS, реализующая алгоритм Мамдани

Слой L1. Включает элементы, каждый из которых реализует функцию принадлежности нечёткого множества A_{ji} , где $i = 1, n, j = 1, m$. Выходы элементов этого слоя представляют собой значения функций принадлежности $\mu_{A_{ji}}(x_i)$, ($i = [1;6], j = [1;288]$) при конкретных (заданных) значениях входных переменных x_i (этап *fuzzification*).

Цель слоя – оценить степень принадлежности входных данных x_i к соответствующим нечётким множествам A_{ji} . В задачах управления чаще всего применяется операция фуззификации типа синглетон (singleton):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = \bar{x} \\ 0, & \text{если } x \neq \bar{x} \end{cases}$$

Функциональные зависимости между входом и выходом в узлах этого слоя определяются L-R-функциями (треугольными и трапецеидальными) и сигмоидными функциями. Обратим внимание, что зависимость в данный момент является стартовой и в процессе обучения изменится, улучшив параметры нечётких множеств. Количество элементов слоя L1 равно 16 (рис. 6).

Слой L2. Конфигурация связей этого слоя соответствует базе правил, а мультипликаторы – блоку вывода. Элементы второго слоя выполняют агрегирование

степеней истинности предпосылок каждого правила базы (всего правил нечеткого вывода – $m=288$ в соответствии с операцией Т-нормы, в качестве которой здесь используется операция min-конъюнкции, по формуле:

$$\alpha_j = \min\{\mu_{A_{j1}}(x'_1), \mu_{A_{j2}}(x'_2), \dots, \mu_{A_{jn}}(x'_n)\} \quad j = \overline{1, 288}, \quad n = \overline{1, 6}.$$

Количество элементов этого слоя равно 288 - количеству правил m . Каждый узел слоя $L1$ соединён со всеми узлами слоя $L2$ и представляет j -тое правило с соответствующими нечёткими множествами суждений этого правила.

Слой $L3$. Элементы данного слоя выполняют активизацию (определение степеней истинности) заключений по каждому из правил на основе операции min-активизации:

$$\mu_{B'_j}(y) = \min\{\alpha_j, \mu_{B_j}(y)\} \quad j = \overline{1, m}.$$

Количество элементов этого слоя равно количеству правил m . Каждый узел слоя $L3$ связан с узлом слоя $L2$ соответствующего j -того правила. На выходе слоя формируется результат вывода в виде значения функции принадлежности α_j -уровня - $\mu_{B'_j}$ j -того правила.

Слой $L4$. Слой $L4$ содержит только один узел, который связан со всеми узлами слоя $L3$. Элемент данного слоя аккумулирует полученные на предыдущем этапе заключения по всем правилам. Объединение найденных усечённых нечётких множеств проводится с использованием операции максимум (max-дизъюнкции). В итоге формируется нечёткое множество для выходной переменной y с функцией принадлежности:

$$\mu_{B'}(y) = \max\{\mu_{B_1}(y), \mu_{B_2}(y), \dots, \mu_{B_m}(y)\}.$$

Слой $L5$. Единственный элемент этого слоя вычисляет выход сети, который определяется как «центр тяжести» для фигуры $\mu_{B'}(y)$ - этап приведения к чёткости (*defuzzification*) выходной переменной y :

$$y' = \frac{\int_{Y_{min}}^{Y_{max}} y \mu_{B'}(y) dy}{\int_{Y_{min}}^{Y_{max}} \mu_{B'}(y) dy},$$

где Y_{max} и Y_{min} – границы интервала носителя нечёткого множества выходной переменной y .

В результате получаем пятислойную гибридную систему с нейро-нечётким управлением для непрерывного мониторинга состояния учебно-методического и информационного обеспечения библиотеки учебного заведения. Представленная структура управленческого решения реализована в отдельном программном модуле, интегрированном в программу АИБС “МАРК-SQL”.

При этом правила формируются таким образом, чтобы получить все возможные комбинации функций принадлежности всех входных переменных. Число нечётких правил с конъюнктивной формой предпосылки, необходимых для покрытия пространства входных переменных, определяется следующим образом:

$$m = \prod_{i=1}^n K_i,$$

где m – размерность пространства входных признаков; K_i – число лингвистических термов i – й входной переменной. Для нашего случая получим, что

база правил полученной нейро - нечёткой сети включает $m = 2 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 \times 4 = 288$ нечётких правил.

С целью сокращения числа нечётких правил для покрытия пространства входных переменных *выполним* декомпозицию входных переменных на модели с меньшим числом входных переменных в базе правил с последующим их объединением в многослойную структуру [4].

При комплектовании фонда Библиотека вуза руководствуется нормативными документами, которые являются **определяющими критериями** для оценки соответствующих учебных заведений при их лицензировании, аккредитации и аттестации, и к ним относятся входные переменные x_1, x_2, x_3 и x_4 . Соответственно, объединим их в *Базу правил Y_1* . **Дополнительными показателями** эффективности работы библиотеки являются критерии – x_5 и x_6 , которые задействуем при формировании *Базы правил Y_2* . В этом случае выход (x_7) одной базы правил (Y_1 , где количество правил равно 36) является входом другой (Y_2 , где количество правил равно 24), как это показано на рис. 7.

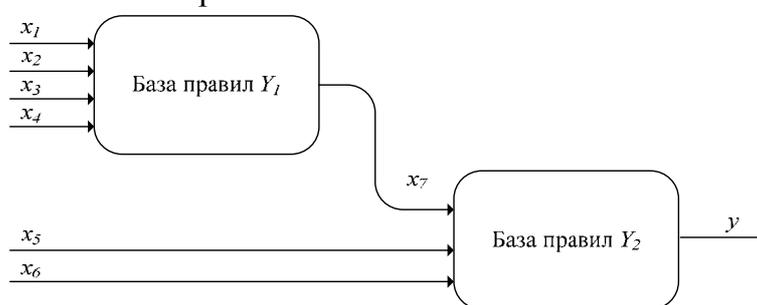


Рисунок 7 – Каскадное соединение двух баз нечётких продукционных правил

Рассмотрим качественный критерий - выход x_7 модели с *Базой правил Y_1* , и введём лингвистическую переменную x_7 – *Оценка вуза Министерством образования РФ на соответствие минимальным нормам обеспеченности информационно-библиотечными ресурсами»* с термами сигмоидного и гауссовского типов (рис. 10):

– минимальные нормативы обеспеченности высших учебных заведений учебной базой, в части касающейся библиотечно-информационных ресурсов, **соответствуют** требованиям Министерства образования РФ, и потому вуз **аттестуется без замечаний** (функция принадлежности нечёткого множества – $\mu_{A_{17}}(x_7)$);

– минимальные нормативы обеспеченности высших учебных заведений учебной базой, в части касающейся библиотечно-информационных ресурсов, **не соответствуют** требованиям Министерства образования РФ, и потому вуз **не аттестуется** (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{27}}(x_7)$);

– минимальные нормативы обеспеченности высших учебных заведений учебной базой, в части касающейся библиотечно-информационных ресурсов, **частично соответствуют** требованиям Министерства образования РФ, и потому вуз **аттестуется с замечаниями** (функция принадлежности нечёткого множества - $\mu_{A_{37}}(x_7)$).

Структура пятислойной нечёткой продукционной сети ANFIS, реализующей алгоритм нечёткого вывода Мамдани, на основе *Базы правил Y_1* примет вид, представленный на рис.9. Входами данной модели являются определяющие критерии работы библиотеки - x_1, x_2, x_3 и x_4 , а выходом – x_7 – критерий оценки вуза

Министерством образования РФ на соответствие минимальным нормам обеспеченности информационно-библиотечными ресурсами.

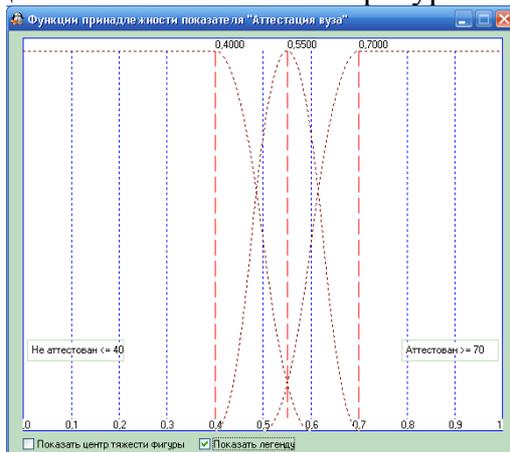


Рисунок 8 – Функции принадлежности лингвистической переменной Оценка вуза Министерством образования РФ на соответствие минимальным нормам обеспеченности информационно-библиотечными ресурсами

Слой L1. Включает элементы, каждый из которых реализует функцию принадлежности нечёткого множества A_{ji} , где $i = 1, n, j = 1, m$. Выходы элементов этого слоя представляют собой значения функций принадлежности $\mu_{A_{ji}}(x'_i)$, ($i = [1;4], j = [1;36]$) при конкретных (заданных) значениях входных переменных x'_i (этап *fuzzification*). Количество элементов слоя **L1** равно 10.

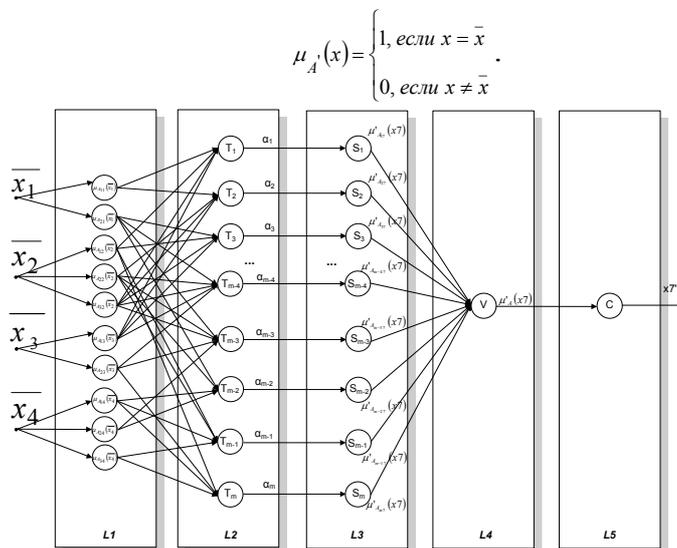


Рисунок 9 – Структура сети ANFIS на основе Базы правил Y1

Слой L2. Конфигурация связей этого слоя соответствует базе правил, а мультипликаторы – блоку вывода. Элементы второго слоя выполняют агрегирование степеней истинности предпосылок каждого правила базы. Всего правил нечеткого вывода – $m=36$ в соответствии с операцией T-нормы, в качестве которой здесь используется операция *min*-конъюкции, по формуле:

$$\alpha_j = \min\{\mu_{A_{j1}}(x'_1), \mu_{A_{j2}}(x'_2), \dots, \mu_{A_{jn}}(x'_n)\} \quad j = \overline{1,36}, \quad n = \overline{1,4}.$$

Количество элементов этого слоя равно 36 - количеству правил m . Каждый узел слоя $L1$ соединён со всеми узлами слоя $L2$ и представляет j -тое правило с соответствующими нечёткими множествами суждений этого правила.

Слой $L3$. Элементы данного слоя выполняют активизацию (определение степеней истинности) заключений по каждому из правил на основе операции \min -активизации:

$$\mu_{A_j}(x_7) = \min\{\alpha_j, \mu_{A_j}(x_7)\}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Количество элементов этого слоя равно количеству правил m . Каждый узел слоя $L3$ связан с узлом слоя $L2$ соответствующего j -того правила. На выходе слоя формируется результат вывода в виде значения функции принадлежности α_j -уровня - $\mu_{A_j}(x_7)$ j -того правила.

Слой $L4$. Слой $L4$ содержит только один узел, который связан со всеми узлами слоя $L3$. Элемент данного слоя аккумулирует полученные на предыдущем этапе заключения по всем правилам. Объединение найденных усечённых нечётких множеств проводится с использованием операции максимум (max-дизъюнкции). В итоге формируется нечёткое множество для выходной переменной x_7 с функцией принадлежности:

$$\mu_{A'}(x_7) = \max\{\mu_{A_1}(x_7), \mu_{A_2}(x_7), \dots, \mu_{A_m}(x_7)\}.$$

Слой $L5$. Единственный элемент этого слоя вычисляет выход сети, который определяется как «центр тяжести» для фигуры $\mu_{A'}(x_7)$ - этап приведения к чёткости (*defuzzification*) выходной переменной y :

$$x_7' = \frac{\int_{X7_{min}}^{X7_{max}} x_7 \mu_{A'}(x_7) dx_7}{\int_{X7_{min}}^{X7_{max}} \mu_{A'}(x_7) dx_7},$$

где $X7_{max}$ и $X7_{min}$ – границы интервала носителя нечёткого множества выходной переменной x_7 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная в статье задача непрерывного мониторинга состояния учебно-методического и информационного обеспечения библиотеки учебного заведения является частью глобальной системы управления и контроля качества вуза, призванная охватить преподавание, исследовательскую работу, руководство и управление, соотношение между традицией и новаторством, академической направленностью и экономической релевантностью, способностью удовлетворить потребности учащихся и работодателей.

В статье были поставлены и решены следующие основные задачи. Во-первых, авторами был определён базис критериев для оценки состояния учебно-методического и информационного обеспечения библиотеки вуза. Во-вторых, была определена базовая конфигурация гибридной сети нейро-нечёткого вывода. И, в-третьих, после проведения процедуры сокращения базы нечётких правил, была сформирована конфигурация двухстадийной нейро-нечёткой сети для мягкого мониторинга информационно-библиотечного фонда вуза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство образования Российской Федерации. Об утверждении Порядка формирования перечней учебных изданий высшего профессионального образования для создания ретроспективных библиотечных фондов, составляющих основу Центральной библиотеки образовательных ресурсов Минобрнауки России / Министерство образования Российской Федерации // Университетская книга. – 2003. - №1. – С. 60-63.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.:ил.
3. Фомичёва С.Г. Нейро-нечёткий модуль управления временем актуальности информации // МИТС-НАУКА: международный научный вестник: сетевое электронное научное издание – Ростов-на-Дону: РГУ. – №4. – 2006.
4. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечёткие модели и сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.: ил.

Куровский Виталий Леонидович

ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт», г. Норильск

Доктор педагогических наук, профессор, декан Инженерно-экономического факультета

663300 г. Норильск, ул. 50-лет Октября, 7

Тел. (3919) 42-15-43

E-mail: nii@norvuz.ru

Фомичёва Светлана Григорьевна

ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

Кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой

Информационных систем и технологий

Тел. (3919) 42-17-39

E-mail: levikha@rambler.ru

Попкова Алла Алексеевна

ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

Старший преподаватель кафедры Информационных систем и технологий

Тел. (3919) 42-17-39

E-mail: infalla@bk.ru

М.И. ИВАНОВ, С.М. ИВАНОВ

СИНТЕЗ ВАРИАНТА ПОЛЕВОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Синтезирован вариант полевого волоконно-оптического кабеля. Рассчитаны массогабаритные показатели и оценена прочность на разрыв.

Ключевые слова: *волоконно-оптический кабель; конструкция; оптоволокно; внешняя оболочка; сердечник; масса.*

A variant of the field fiber optic cable has been synthesized. Mass overall dimension factors have been calculated and, resistance to crack has been evaluated.

Keywords: *fiber-optical cable; cable internal structure; optical fiber; the outer coating; the core; the weight.*

Для оценки собственной эффективности линейного тракта необходимо определиться с вариантом конструкции волоконно-оптического кабеля (ВОК).

Конструкция кабеля должна обеспечивать многократную прокладку и снятие с использованием средств механизации, обеспечивать защиту оптоволокну от механических нагрузок и влаги. В кабеле должно размещаться необходимое количество оптоволокон, поддающихся идентификации на концах строительных длин, должен быть простой доступ к оптоволокну с целью их ремонта и монтажа и не должно быть металлических элементов.

Имеющиеся ВОК представлены большим разнообразием конструкций, например [1–5], которые можно объединить в две группы. В первой группе силовой элемент располагается в центре кабеля, а оптоволокна – концентрично вокруг центрального элемента. Во второй группе конструкций оптоволокна находятся в центре, а вокруг них размещаются силовые элементы. В зависимости от оптоволокон структуры ВОК бывают слоистые, жгутовые и ленточные. Слоистая структура эффективна для кабелей с малым числом оптоволокон. Жгутовые структуры представляют собой дальнейшее развитие слоистых и являются витыми. В ленточных структурах оптоволокна укладываются в линейные матрицы, которые затем размещаются в середине кабеля. Ленточные структуры пригодны для любого количества оптоволокон и удобны при соединении строительных длин. Исходя из анализа имеющихся типов конструкций ВОК, ниже осуществляется синтез конструкции полевого кабеля, более полно удовлетворяющий предъявленным к ней требованиям.

С целью обеспечения защиты от поперечных механических нагрузок оптоволокна целесообразно размещать ближе к центру кабеля. Для обеспечения прочности на разрыв оптоволокна в ВОК лучше всего располагать свободно и по спирали. Расположение по спирали дает возможность увеличить абсолютное удлинение кабеля при его растяжении и/или изгибе практически без воздействия механических усилий на оптоволокна, а также устранить возможные изгибы при свободном размещении их в кабеле.

Свободное и по спирали расположение оптоволокон может обеспечить профильный сердечник типа приведенного в [2, 5], только пазы в нем должны быть прямоугольные и спиральные. При такой укладке оптоволокон глубину их

размещения в кабеле можно регулировать изменением диаметра профильного сердечника.

Поперечные механические нагрузки, приходящиеся на оптоволокна, уложенные в пазы профильного сердечника, кроме внешней защитной оболочки кабеля смягчают выступы сердечника, которые чередуются с пазами. В выступы вводятся защитные стержни по всей строительной длине кабеля. Если гибкость кабеля велика, что может привести к разрушениям оптоволокон при радиусе изгиба меньше допустимого, то материал и поперечные размеры этих стержней выбираются такими, чтобы увеличить жесткость кабеля на изгиб. Кроме того, стержни должны быть размещены таким образом, чтобы при надавливании на ВОК поперечная нагрузка прежде всего приходилась на эти стержни.

Между внешней защитной оболочкой кабеля и профильным сердечником целесообразно для увеличения коэффициента ослабления поперечных нагрузок иметь скрепляющий слой полимерной пленки.

Ввиду того, что обычно в ВОК применяют материалы конструкции по прочности на разрыв значительно ниже, чем материал силового элемента, поперечные размеры силового элемента выбираются такими, чтобы обеспечить заданную прочность кабеля на разрыв. Часть силового элемента можно разместить в центре кабеля, другую часть – в защитной оболочке для увеличения ее прочности.

Таким образом, синтезированный вариант ВОК, имеет вид, изображенный на рисунке 1.

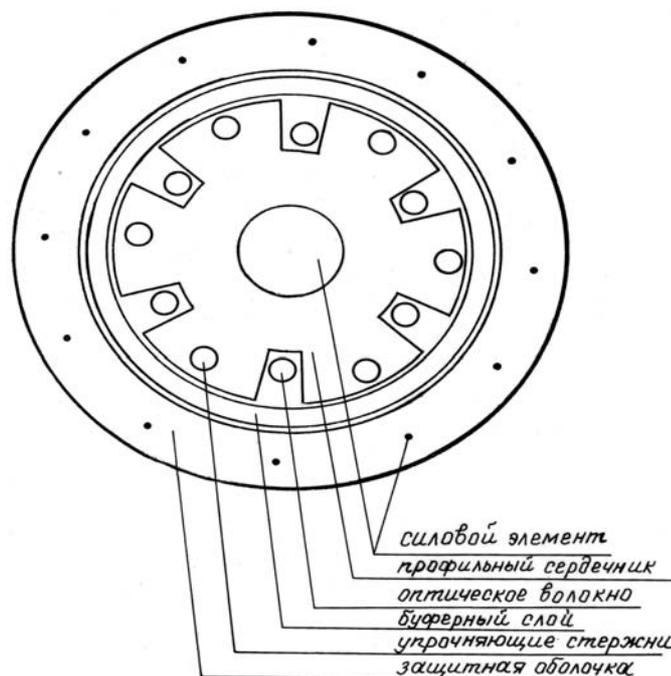


Рисунок 1 – Синтезированный вариант конструкции ВОК

Количество оптоволокон в кабеле для передачи информации можно определить как отношение требуемой пропускной способности $Пт$ к пропускной способности одного оптоволокна $П1$.

Кроме того, необходимо учесть наличие резервных оптоволокон, число которых зависит от вероятности повреждения каждого оптоволокна и заданной долговечности кабеля. Если полагать, что с целью уменьшения потерь оптического излучения прием и передача информации пространственно разнесены и обозначить

коэффициент, учитывающий резерв, через M , то число оптоволокон в кабеле можно рассчитать, используя следующее выражение:

$$K = 2M\Pi m/\Pi l.$$

Однако если эти оптоволокна использовать для организации служебной связи, то при включении/выключении в линейный тракт аппаратуры линейного надсмотрщика, может изменяться уровень сигнала. Поэтому для служебной связи целесообразно использовать отдельные оптоволокна. С учетом служебной связи количество необходимых оптоволокон в кабеле можно рассчитать в соответствии со следующим выражением:

$$K = 2M(\Pi m/\Pi l + 1).$$

При его использовании нецелое значение $\Pi m/\Pi l$ округляется в большую сторону.

Требуемую в настоящее время пропускную способность полевой волоконно-оптической линии связи можно обеспечить использованием одного оптоволоконка, так как $\Pi m < \Pi l$. Тогда, предусмотрев 50-процентный резерв ($M=1.5$), в кабеле необходимо будет разместить шесть оптоволокон.

При расчёте кабелей обычно задаётся либо диаметр либо масса кабеля. Пусть задан диаметр. Как показывает анализ публикаций, касающихся размеров ВОК, в частности [6], типичным размером для приведенного выше количества оптоволокон является 5 мм [7].

Из анализа обоснований по выбору конструкции видно, что диаметр кабеля определяют, в основном, два элемента – внешняя защитная оболочка и профильный сердечник. Толщину внешней оболочки ВОК можно выбрать равной толщине оболочки кабеля П-296, т.е. равной 0.75 мм. Тогда, если положить толщину повива из полимерной пленки вокруг сердечника, играющего роль мягкого буферного покрытия, равной 0.2 мм, радиус профильного сердечника будет составлять величину 1.55 мм.

Для определения высоты паза необходимо знать диаметр оптоволоконка и стержня, которые для простоты расчетов берутся одинаковыми. Диаметры оптоволоконка по сердечнику и отражающей оболочке стандартизованы и соответственно равны 50 мкм и 125 мкм. Однако часто для повышения прочности и предотвращения проникновения влаги оптоволоконка покрываются мягкой буферной оболочкой с малой гигроскопичностью, поверх которой наносится тонкий слой материала с низкой абразивностью [8].

Пусть толщина мягкой буферной оболочки из полиуретана равна 41 мкм, а толщина верхнего слоя из нейлона – 1.5 мкм. Тогда, в условиях принятых размеров, диаметр оптоволоконка, следовательно, и стержня, равен 0.21 мм.

Если стержень разместить в выступе на глубине 30 мкм, то при глубине паза 0.55 мм он будет удовлетворять предъявленным к нему требованиям. Для свободного размещения оптоволоконка в пазе ширину последнего можно определить 0.25 мм. Наличие паза с большими размерами 0.55x0.25 мм может привести к появлению изгибов оптоволоконка и увеличению потерь на излучение. Однако появление таких изгибов будет затруднено при наличии в кабеле спиральной укладки оптоволокон.

Радиусы полостей в центре сердечника и в защитной оболочке ВОК определяются площадью поперечного сечения силового элемента, т.е. максимально

возможным усилием на разрыв, действующим на кабель в процессе его прокладки с заглублением в грунт или эксплуатации.

Таким образом, определив численные значения размеров элементов конструкции ВОК, можно осуществить расчет массы кабеля. Однако прежде необходимо произвести выбор материалов для их изготовления.

Самый прочный силовой элемент кабеля обычно выполняют из синтетических волокон типа СВМ или кевлар. Пусть в данном случае силовой элемент представляет из себя кевларовое волокно с прочностью на разрыв около 300 кг/мм^2 . Обеспечив эффективное поперечное сечение силового элемента 1 мм^2 , можно получить прочность ВОК на разрыв около 300 кг. При определении радиуса полости в центре сердечника, предназначенной для размещения части силового элемента, предполагается, что в оболочке кабеля находится 12 кевларовых волокон по 58.8 текс каждое. В таком случае радиус определяемой цилиндрической полости в центре кабеля равен 0.403 мм.

Мягкие скрепляющие слои, к которым относится буферный слой, навитый полимерной лентой поверх сердечника кабеля, обычно изготавливают из майларовых, полиэтиленовых, полиэтилентерефталатных и полипропиленовых пленок. Из анализа сведений об этих материалах [9] можно выбрать полиэтилентерефталатную пленку как самую прочную из перечисленных на продавливание и менее гигроскопичную.

Сердечник кабеля может быть изготовлен из полиуретана, полиэстера, полипропилена и подобных им материалов.

Защитные оболочки кабелей могут создаваться из различных материалов. Однако для полевых кабелей нашли применение полиэтилен, поливинилхлорид пластифицированный и термопластичные резины.

Анализ характеристик этих материалов показывает, что наиболее легким, прочным, менее подверженным влагопроницаемости и, что очень важно, наиболее стойким по отношению к радиации [9] является полиэтилен низкого давления (ПЭ НД). В соответствии с перечисленными достоинствами для изготовления защитной оболочки ВОК выбирается ПЭ НД.

Таким образом, после определения поперечных размеров элементов конструкции, можно найти массу кабеля. Результаты расчёта массы 1 км ВОК приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Массогабаритные показатели оптоволокон

ЭЛЕМЕНТЫ ОПТОВОЛОКНА	СЕРДЕЧНИК И ОТРАЖАЮЩАЯ ОБОЛОЧКА	БУФЕРНЫЙ СЛОЙ ОПТОВОЛОКНА	ВНЕШНЯЯ ОБОЛОЧКА ОПТОВОЛОКНА
МАТЕРИАЛ	кварцевое стекло	полиуретан	нейлон
Плотность, г/см^3	2.48	1.2	1.14
Площадь, см^2	0.0122×10^{-2}	0.0213×10^{-2}	0.001×10^{-4}
Масса, г	30.4	25	0.012

Таблица 2 – Массогабаритные показатели элементов ВОК

ЭЛЕМЕНТЫ КАБЕЛЯ	СИЛОВОЙ	БУФЕРНЫЙ СЛОЙ	ВНЕШНЯЯ ОБОЛОЧКА	СТЕРЖНИ	СЕРДЕЧНИК
МАТЕРИАЛ	кевлар-49	полиэтилен-терефталатная пленка	ПЭ НД	полистирол ПС-СУ-3	полиуретан
Плотность, г/см ³	1.14	1.34	0.95	1.05	1.2
Площадь, см ²	1×10^{-2}	2.08×10^{-2}	9.52×10^{-2}	0.83×10^{-2}	6×10^{-2}
Масса, г	1.14×10^3	2.79×10^3	9.04×10^3	0.87×10^3	7.2×10^3

Из результатов расчета видно, что самыми массивными элементами кабеля являются внешняя оболочка и профильный сердечник, самым легким – оптоволокно, масса которого составляет примерно 55.5 г.

После суммирования масс всех элементов общая масса кабеля будет равна около 22 кг/км.

Если при определении массы кабеля предположить, что элементы конструкции изготовлены из материалов, которые перечислены в [6] и выбраны по критерию наибольшей плотности, то общая масса ВОК составит примерно 25 кг/км. Поэтому, основываясь на данном факте, можно сделать вывод, что при диаметре кабеля 5 мм, его масса не будет превышать 25 кг/км даже с учетом разъемов. При этом в кабеле размещается необходимое число оптоволокон и обеспечивается прочность на разрыв около 300 кг, что удовлетворяет требованиям прокладки с использованием средств механизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы волоконно-оптической связи. М.: Сов. Радио, 1980. – 232 с.
2. Коршунов В.Н., Шитов В.В., Моряков Г.С. Оптические кабели связи. – М.: Связь, 1980. – 72 с.
3. Волоконно-оптическая связь. Приборы, схемы и системы. – М.: Радио и связь, 1982. 282 с.
4. Волоконно-оптические линии связи: сб. статей по иностранным данным / пер. с англ. отд. 14. – М.: 1981. – 105 с.
5. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с.
6. Одномодовые световодные системы передачи для коротких линий // ЭИ. Серия «Телефония, телеграфия, передача данных». – Вып. 13. – М.: ЦНТИ «Информсвязь», 1984. – с. 6–14.
7. Иванов М.И. Определение требований к основным параметрам волоконно-оптического кабеля: сб «Связь». – № 4(74). – М.: в/ч 32152, 1982. – С. 41–50.
8. Элион Г., Элион Х. Волоконная оптика в системах связи. – М.: Мир, 1981. – 198 с.
9. Энциклопедия полимеров. – Том 2. – М.: Сов. энцикл., 1972. – 1032 с.

Иванов Михаил Иванович

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
Тел. (4862) 41-60-58
E-mail: imis@orel.ru

Иванов Станислав Михайлович

Сотрудник ФСО России, г. Гатчина
Тел. 8-921-407-75-50
E-mail: stiv011@yandex.ru

О.А. ИВАЩУК, Ю.П. ЧУДНЫЙ

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОМОНИТОРИНГА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

В статье рассматривается новый подход к построению системы экомониторинга в качестве составляющей системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса. Данный подход основан на адаптации к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде и обеспечивает получение полной адекватной информации, необходимой для реализации эффективных управляющих решений.

Ключевые слова: система экологического мониторинга; управление экологической безопасностью; промышленно-транспортный комплекс.

In the article the new approach to construction of system of ecological monitoring as a making control system of ecological safety of an industrial and transport complex is considered. The given approach is based on adaptation to current changes in object of management and an environment and provides reception of the full adequate information necessary for realization of effective operating decisions.

Keywords: the system; a management of ecological safety; an industrial and transport complex.

Результативность регулирующих мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности (ЭБ) промышленно-транспортного комплекса (ПТК) на любом уровне иерархии административно-территориального деления (федеральном, региональном, муниципальном, локальном), в существенной мере зависит от степени и качества информированности лиц, принимающих управляющие решения и реализующих конкретные воздействия. Для предоставления всем уровням управления надежной и полной экологической информации необходимо обеспечить эффективное функционирование системы экомониторинга (ЭМ), которая станет важнейшей составляющей системы управления ЭБ ПТК.

В большинстве регионов России рядом государственных экологических, санитарно-эпидемиологических и гидрометеорологических структур проводится регулярный или периодический контроль качества окружающей среды (ОС), в том числе в зонах влияния различных объектов ПТК. При этом часто наблюдаются разобщенность и методическая несовместимость различных служб; дублирование работ различными ведомствами; значительное отставание в оснащении специализированных лабораторий и постов наблюдения современным приборным оборудованием; слабая степень автоматизации процессов получения, передачи, обработки, хранения и доведения экоинформации до потребителя; отсутствие алгоритмов комплексной обработки экологических данных, адекватных моделей оценки текущей экологической обстановки.

Основные принципы и проблемы организации ЭМ, которые необходимо учитывать при создании и обеспечении практического функционирования системы управления ЭБ ПТК представлены на схеме рисунка 1 (с использованием материалов [1-3]).

Для обеспечения эффективного контроля и адекватной оценки экологической ситуации, сформированной под воздействием различных объектов промышленности и транспорта, предлагается структура системы ЭМ, показанная на рисунке 2. В составе системы вводится два основных блока: *контрольно-измерительный блок* и *блок предварительной оценки уровня ЭБ ПТК*.

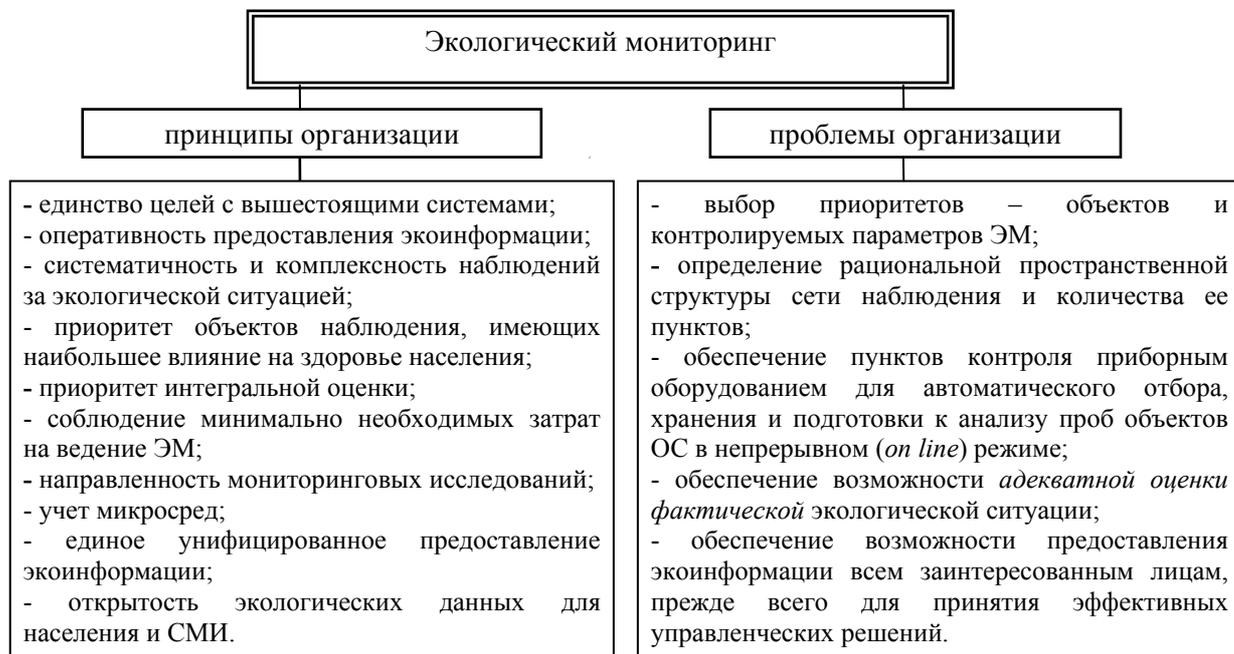


Рисунок 1 – Схема основополагающих принципов и основных проблем организации ЭМ

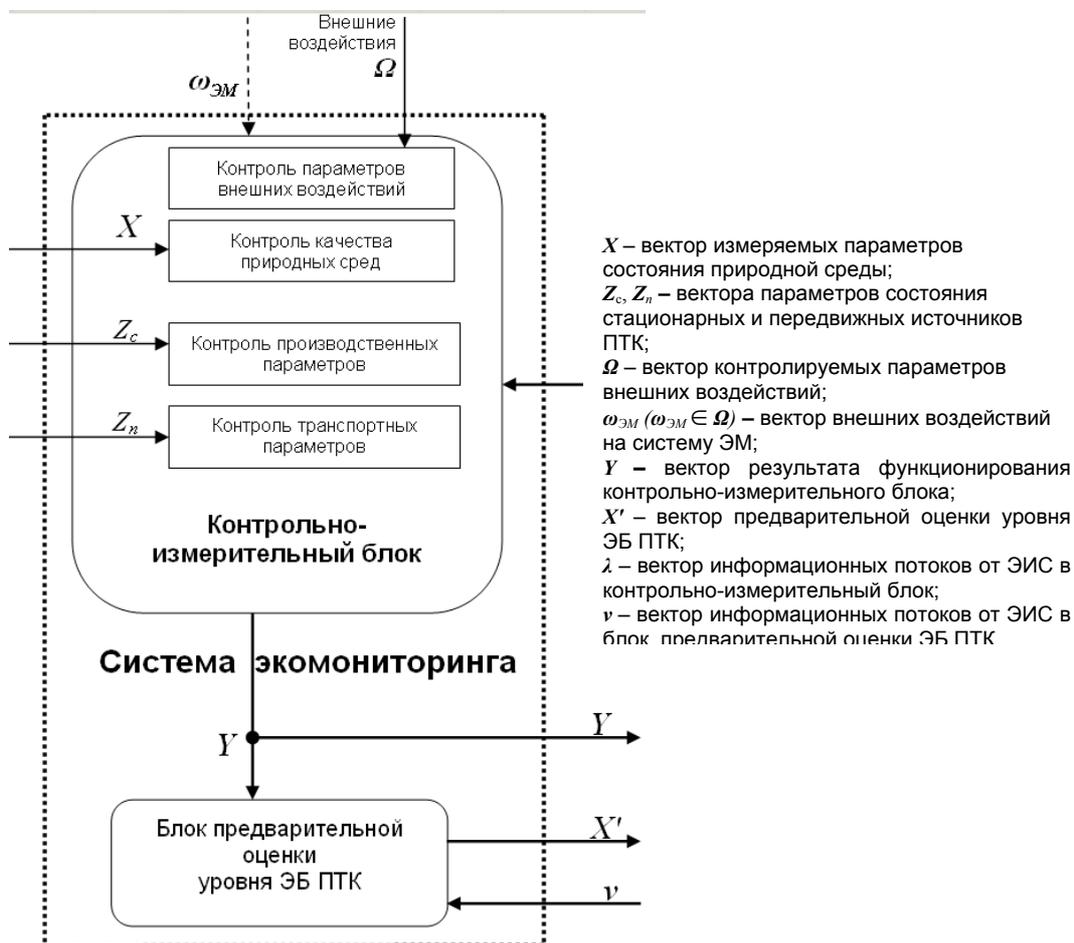


Рисунок 2 – Модель системы экомониторинга

На уровне контрольно-измерительного блока должны проводиться экспериментальные исследования, которые смогут дать наиболее реалистичную оценку фактического (сформированного на данный момент) уровня ЭБ ПТК на рассматриваемой территории. При этом могут использоваться следующие основные методы:

- *инструментальный*, основанный на применении автоматических приборов, измеряющих в режиме реального времени интересующие показатели;

- *инструментально-лабораторный*, основанный на отборе проб компонентов ОС с последующим их анализом в химических лабораториях (на автоматических и полуавтоматических приборах);

- *индикаторный*, основанный на использовании селективных индикаторных элементов, изменяющих свои свойства в зависимости от концентрации загрязнения в отбираемой пробе (применяется для экспресс-анализа). Их эффективность обуславливается наличием современной материально-технической базы. Следует отметить, что и в России, и за рубежом в настоящее время проводятся исследования различного уровня по созданию и освоению новейшей аппаратуры и метрологического обеспечения, развитию дистанционных методов контроля и наблюдения, в том числе аэрокосмических, созданию методов и моделей оценки состояния компонентов ОС.

При построении и организации функционирования контрольно-измерительного блока следует решить несколько параллельных задач:

- определить рациональную приборную комплектацию;

- определить необходимое и достаточное количество структурных единиц, осуществляющих измерения выбранных для контроля параметров, и наиболее приемлемое их размещение на рассматриваемой территории.

В работе [4] была введена новая модель объекта управления – объекта ЭБ ПТК, включающего ПТК (с декомпозицией на *стационарные* и *передвижные источники ПТК*) и *компоненты природной среды* как часть внешней среды. В соответствии с таким представлением объекта управления как природно-технической системы на уровне контрольно-измерительного блока системы ЭМ должны осуществляться замеры показателей качества компонентов природной среды (вектор X) и одновременно контроль производственных (вектор Z_c) и транспортных (вектор Z_n) параметров, характеризующих состояние объектов ПТК, а также параметров внешнего воздействия (вектор Ω). Это позволит выявить причинно-следственные связи и обеспечит возможность прогнозирования развития экологической ситуации и формирования альтернативных сценариев управления с выбором наиболее рациональных из них.

Чтобы обеспечить своевременное обнаружение (и сигнализацию) повышенного уровня негативного воздействия объектов ПТК на ОС необходимо выполнение следующего требования: посты контроля должны быть оснащены аппаратурой автоматического слежения (в *on-line* режиме) за показателями качества контролируемых компонентов ОС, метеопараметрами, а также за параметрами объектов ПТК. Желательно использовать приборное обеспечение, позволяющее уже на данном уровне обработать первичную информацию, осуществить ее протоколирование с последующим предоставлением по каналам передачи данных в другие подсистемы автоматизированной системы управления ЭБ ПТК.

Следует отметить, что реально на данном уровне административно-территориального деления может сложиться ситуация, когда невозможно профинансировать установку полного рекомендуемого числа стационарных постов контроля. Для решения проблемы частичной потери информации, возникающей в связи с необходимым сокращением их количества, а также для обеспечения оперативного получения экоинформации в любой точке рассматриваемой территории рекомендуется использовать специализированные мобильные лаборатории. Это современный многофункциональный лабораторный комплекс, который позволяет решать задачи автоматизированного оперативного контроля показателей качества различных природных сред, в том числе осуществлять автоматизированный отбор проб в заданном пользователем режиме времени, а также проводить измерения показателей качества компонентов ОС автономно с помощью портативных приборов.

Итак, составляющие контрольно-измерительного блока должны включать следующие функциональные устройства:

- комплекс автоматизированных приборов для регистрации показателей качества компонентов природной среды (газоанализаторов, шумомеров, анализаторов загрязнения сточных вод и почв и т.п.);
- систему отбора и подготовки проб компонентов природной среды;
- систему регистрации параметров объектов ПТК (производственных и транспортных параметров);
- метеостанцию;
- портативные приборы и датчики метеопараметров, автомобиль-носитель для работы передвижной лаборатории;
- аппаратуру сбора и передачи данных;
- системы энергопитания, охранной и пожарной сигнализации.

Как упоминалось выше, одной из ключевых в создании контрольно-измерительного блока является задача поиска и выбора приборного обеспечения. Предлагается новый подход к созданию и переоборудованию приборной базы блока, а именно формирование (на основе определенных требований к приборам) специального электронного банка правил, определяющих рациональный выбор необходимых приборов из всевозможных альтернатив, предлагаемых на отечественном и зарубежном рынке. Данный банк будет храниться в базе знаний, находящейся в специализированной подсистеме – экспертно-информационной системе (ЭИС). Последняя наделена свойствами искусственного интеллекта и является важнейшей составляющей системы управления ЭБ ПТК при автоматизации процесса управления. Взаимодействие между подсистемами показано на рисунке 2 введением вектора λ , характеризующего потоки информации от ЭИС в контрольно-измерительный блок. Это результаты моделирования рациональной (в данных условиях) приборной базы и оптимальной пространственной структуры измерительной сети.

Критерии для составления банка правил с целью выбора рациональных приборов следующие:

- виды и число характеристик, подлежащих контролю;
- необходимые диапазоны измерения величины;
- способность приборов работать в автоматическом режиме;
- технические требования: класс точности, наличие унифицированного выходного сигнала, интерфейсов для локального и удаленного доступа, возможности

преобразования данных из формата приборов в форматы стандартных приложений и т.п.;

- наличие встроенного программного обеспечения;
- возможности автоматического формирования протоколов;
- необходимость использования расходуемых материалов;
- срок службы и частота выхода из строя отдельных узлов прибора;
- сложность обучения работе с ним обслуживающего персонала;
- цена.

Для определения оптимальной пространственной структуры измерительной сети также необходимо располагать специализированными моделями, позволяющими выявить территории экологически неблагоприятных зон (где показатели качества ОС в районе жилой застройки не соответствуют санитарно-гигиеническим нормам), сформированные под воздействием объектов ПТК и не пропадающие в течение года (и в течение суток) при различных погодных условиях. Именно на подобных участках рационально располагать станции контроля. При этом следует выделить репрезентативные участки по уровню мощности оказываемого негативного влияния со стороны объектов ПТК.

Данный подход был реализован для определения числа и месторасположения стационарных постов контроля, являющихся структурными единицами автоматизированной системы ЭМ, определенной для функционирования в зоне влияния автодорог, на примере г. Орла. Данная система является важнейшей составляющей системы управления ЭБ ПТК г. Орла, так как на долю автотранспорта здесь приходится более 88% всех вредных выбросов в атмосферу и более 80% шумового воздействия на население [5].

По специальной программе исследований были выявлены репрезентативные (по мощности оказываемого негативного воздействия) участки автодорог города. Далее с использованием специализированных нейросетевых моделей [6] были определены значения концентраций основных загрязняющих веществ, поступающих с отработавшими газами автомобилей (CO , NO_2 и SO_2) для обеих сторон улиц (на границе жилой застройки) при заданных (усредненных по замерам, полученным в течение года) значениях параметров потоков автотранспорта и зарегистрированных значениях параметров улично-дорожной сети. Это интенсивность, состав, скоростной режим потока, а также длина перегона, ширина дороги и улицы, плотность и высотность застройки, коэффициент озеленения придорожной полосы. При этом рассматривались различные сочетания наиболее вероятной скорости ветра $v_B = 3,6$ м/с (по данным многолетних наблюдений для г. Орла) и угла, который составляет направление ветра с осью автодороги (соответственно направлениям ветра C , $Ю$, $З$, $В$, $ЮВ$, $СЗ$, $ЮЗ$, $СВ$). Далее вычислялись средневзвешенные значения концентраций вышеуказанных веществ по повторяемости направлений ветра, согласно «розе ветров».

Также с помощью специально разработанных нейросетевых комплексов [7] проводилась модельная оценка эквивалентного уровня шума на рассматриваемой территории. А применение специализированной модели ES [5], построенной на основе аппарата нечеткой логики, позволило провести интегральную оценку состояния воздушного бассейна (химическое загрязнение атмосферного воздуха и негативное шумовое воздействие на акустическую среду).

В результате получено: рекомендуемое число стационарных постов контроля качества воздушного бассейна на территории г. Орла в зоне влияния автодорог равно 9,

как это показано на электронной карте, изображенной на рисунке 3 (М – значок расположения локальной станции мониторинга). При невозможности обеспечения функционирования всех постов, как указывалось выше, рекомендуется использование мобильных лабораторий.



Рисунок 3 – Рекомендуемое расположение стационарных постов контроля по территории г. Орла

При изменении инфраструктуры города, введении новых промышленных предприятий, изменении качественного состава автопарка используемый подход позволит оперативно смоделировать новую измерительную сеть, оптимальную для изменившихся условий. Рассмотренные модели (им аналогичные) должны входить в состав базы моделей ЭИС.

Итак, на основе взаимодействия с ЭИС, наделенной свойствами искусственного интеллекта, состояние контрольно-измерительного блока системы ЭМ при организации управления ЭБ ПТК на любом уровне административно-территориального деления будет изменяться адаптировано изменениям, происходящим в объекте управления и во внешней среде.

На рисунке 2 показано, что вектор измеренных параметров, характеризующий уровень ЭБ ПТК на данной территории (вектор Y), поступает как в ЭИС (для хранения полученной информации и ее интеллектуальной обработки для моделирования альтернативных сценариев управления ЭБ ПТК), так и во вторую составляющую системы ЭМ – блок предварительной оценки уровня ЭБ ПТК. На уровне этого блока осуществляется сравнение значений показателей качества ОС, полученных при измерениях, с требуемыми (целевыми нормативами), приближение к которым должно являться следствием управляющих воздействий на объект управления. В результате проводится оценка фактической экологической ситуации (вектор X' на рисунке 2), сформированной на данной территории под воздействием

объектов промышленности и транспорта с учетом внешних факторов. Формирование моделей оценки, адекватных текущему состоянию и обеспечивающих эффективную работу блока предварительной оценки уровня ЭБ ПТК, также будет осуществляться на уровне ЭИС с последующей передачей по каналам информационной связи (вектор v).

Использование нового подхода к организации функционирования системы ЭМ на основе взаимодействия ее составляющих с ЭИС позволит обеспечить систему принятия решений адекватной экоинформацией, которая станет основой для выработки эффективных управленческих решений по предотвращению или снижению (по возможности) ликвидации негативного воздействия объектов ПТК на ОС. При этом гарантируется наиболее эффективная, выгодная как с экологической, так и с экономической точки зрения структура системы ЭМ (ее составляющих), которая будет изменяться в результате оперативной реакции ее блоков на изменения в объекте управления (объекте ЭБ ПТК) и во внешней среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометиздат, 1984. – 560 с.
2. Экологический мониторинг: шаг за шагом. / Е.В. Веницианов и др.; [под ред. Е.А. Заика]. М.: РХТУ, 2003. – 252 с.
3. Экологическая экспертиза: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Донченко и др.; [под ред. проф. В.М. Питулько]. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
4. Иващук О.А. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. – № 1/51(562). – С. 16-22.
5. Иващук О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий: монография/ О.А. Иващук. – Орел: изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.: ил.
6. Патент РФ № 2008612934, 30.06.2008. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614125 Российская Федерация. Расчет и оптимизация воздействия автотранспортных потоков на атмосферный воздух / О.А. Иващук (RU); заявитель и патентооблад. Орловск. гос. аграрн. ун-т (RU) // Патент России №2008612934, дата пост. 30.06.2008; зарег. В Реестре программ для ЭВМ 29.08.2008 г.
7. Патент РФ № 2008612942, 30.06.2008. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614126 Российская Федерация. Расчет и оптимизация шумового воздействия автотранспортных потоков / О.А. Иващук (RU); заявитель и патентооблад. Орловск. гос. аграрн. ун-т (RU) // № 2008612942, дата пост. 30.06.2008; зарег. В Реестре программ для ЭВМ 29.08.2008 г.

Иващук Ольга Александровна

Орловский государственный аграрный университет
Кандидат физико-математических наук, доцент, декан
факультета гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, зав. кафедрой физики
Тел. (4862) 70-18-87
E-mail: ivascuk@orel.ru

Чудный Юрий Петрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Кандидат технических наук, доцент

А.А. ИЛЮХИН, А.Г. ДУБРОВИН

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СУПЕРФРЕЙМА ДЛЯ ЗАПРОСНЫХ КАНАЛОВ В СПУТНИКОВЫХ СЕТЯХ СТАНДАРТА DVB-RCS

Предложен способ формирования оптимальной частотно-временной структуры суперфрейма, обеспечивающий эффективное использование выделенного ресурса пропускной способности в запросных каналах интерактивных мультимедийных спутниковых сетей стандарта DVB-RCS.

Ключевые слова: мультимедийные спутниковые сети; суперфрейм; частотно-временная структура; оптимизация.

A method for optimal time-frequency superframe design is proposed for improving bandwidth assignment in the multi-frequency time division multiple access (MF-TDMA) return channels of a satellite multimedia interactive networks DVB-RCS standard.

Keywords: multimedia satellite networks; the superframe; time-and-frequency structure; optimisation.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение спроса в ведомственных и технологических сетях спутниковой связи на услуги качественной цифровой телефонии, видеоконференц-связи, файлового обмена, доступа в Интернет привело к необходимости интеграции технических решений по передаче мультимедийного трафика на основе методов пакетной коммутации. Для обеспечения информационного взаимодействия узлы связи удаленных объектов сетей комплектуются спутниковым оборудованием (модемами, маршрутизаторами, VoIP-шлюзами, IP-шифраторами) компаний iDirect, Comtech EF Data, Memotec, EADS Astrium, Gilat, что позволяет реализовывать современные VSAT-технологии и объединять решения по передаче голоса и данных. Постепенно достигают высокого технологического уровня разработки отечественных предприятий ЗАО НПЦ «Кросна», ФГУП НПЦ «Вигстар», ОАО «ВисатТел» и др.

Несмотря на обилие VSAT-технологий (Freedom IP, SkyEdge, Skystar 360E, Linkway IP, DirecWay), представленных на мировом рынке телекоммуникаций, оборудование большинства производителей (HUB-шлюзы, спутниковые терминалы) полностью совместимо со спецификацией открытого стандарта DVB-RCS (ETSI EN 301 790) либо путем незначительной модификации доведено до подобных ему аналогов.

Технологическую основу стандарта DVB-RCS составляет метод многочастотного множественного доступа MF-TDMA (Multi-Frequency Time Division Multiple Access) для запросных (в направлении HUB-шлюзов) каналов и расширенные возможности управления пакетным трафиком с целью поддержки требуемого качества сервиса QoS (Quality of Service): приоритет трафика, динамическое выделение ресурса пропускной способности многочастотного канала BoD (Bandwidth on Demand), TCP/IP акселерация, конфигурация размеров голосовых сэмплов и объема их упаковки в IP-пакеты для речевых кодеков, подавление пауз речевых сигналов VAD, статистическое мультиплексирование голосовых каналов в трафиковые пачки (traffic burst) и т. д. [1].

Одной из проблем для спутниковых операторов при конфигурации MF-TDMA модемов является формирование оптимальной частотно-временной структуры запросных каналов на длительности суперфрейма. Отсутствие математически строгого решения и практическое использование эвристических подходов [2, 3], приводящих к низкой эффективности использования пропускной способности, обуславливают актуальность постановки задачи оптимизации и поиска способов ее решения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общедоступный частотно-временной ресурс $(0, t) \times (-\Delta f / 2, \Delta f / 2)$, (мкс×МГц), согласно стандарта DVB-RCS разделяется на суперфреймы (рис. 1)

$$(mT_{sfr}, (m+1)T_{sfr}) \times (-\Delta f / 2 - (n-1)\Delta f_{sfr}, -\Delta f / 2 + n\Delta f_{sfr}), \quad m \in Z \quad n = 1, \dots, y_{sfr}.$$

Суперфреймы $(mT_{sfr}, (m+1)T_{sfr}) \times (n\Delta f_{sfr}, (n+1)\Delta f_{sfr})$, в свою очередь, разделяются на фреймы:

$$(mT_{sfr} + (k-1)T_{fr}, mT_{sfr} + kT_{fr}) \times (n\Delta f_{sfr} + (l-1)\Delta f_{fr}, n\Delta f_{sfr} + l\Delta f_{fr}),$$

$$k = 1, \dots, x_{fr}, \quad l = 1, \dots, y_{fr}.$$

Каждый из фреймов $(kT_{fr}, (k+1)T_{fr}) \times (l\Delta f_{fr}, (l+1)\Delta f_{fr})$ – на частотно-временные слоты:

$$(kT_{fr} + (i-1)T_s, kT_{fr} + iT_s) \times (l\Delta f_{fr} + (j-1)\Delta f_s, l\Delta f_{fr} + j\Delta f_s), \quad i = 1, \dots, x_s, \quad j = 1, \dots, y_s.$$

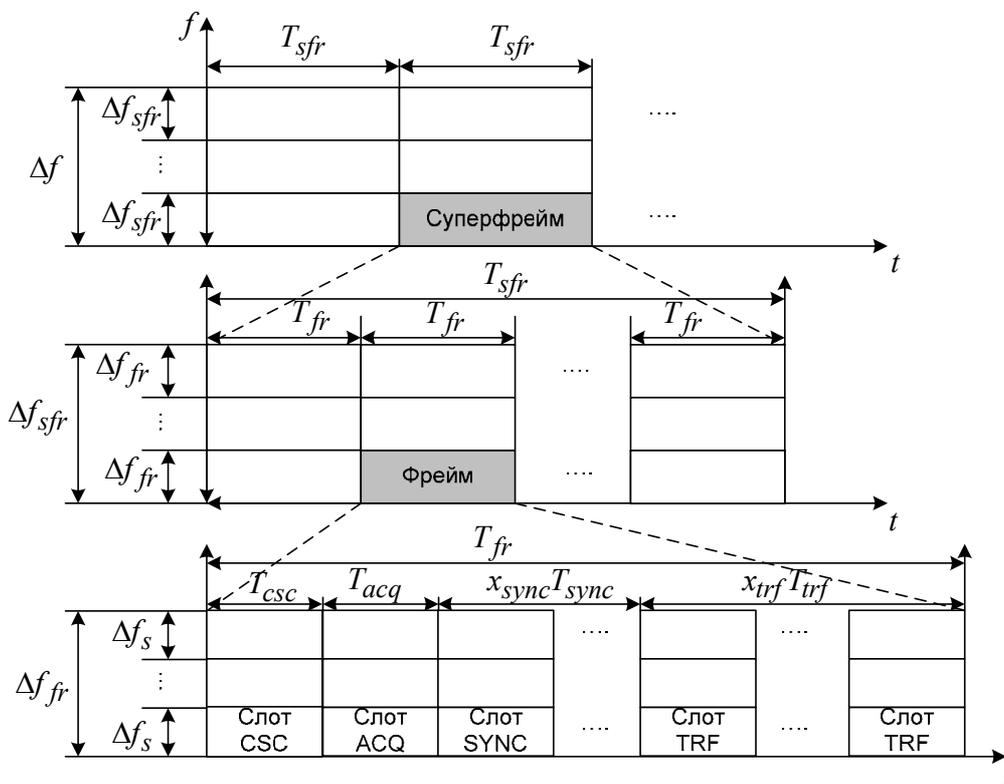


Рисунок 1 – Частотно-временная структура суперфрейма

Передача пакетного трафика спутниковыми терминалами осуществляется по одному или последовательно по нескольким частотным каналам на временных позициях трафиковых тайм-слотов. Последовательность тайм-слотов в пределах фрейма имеет следующий порядок: тайм-слот CSC общеканальной сигнализации, тайм-слот ACQ частотной коррекции, x_{sync} тайм-слотов SYNC синхронизации и x_{trf} трафиковых тайм-слотов. Общая длительность фрейма составляет:

$$T_{fr} = T_{csc} + T_{acq} + x_{sync}T_{sync} + x_{trf}T_{trf}.$$

Каждый из частотно-временных слотов, на позиции которого передается пачка символов, во избежание наложения соседних слотов обеспечен защитными частотным G_f и временным G_t интервалами. CSC-пачка состоит из 256 символов преамбулы и 150 символов кодированной информации, ACQ-пачка – из 256 символов преамбулы, SYNC-пачка – из 256 символов преамбулы и 182 символов кодированной информации, трафиковая пачка – из 48 символов преамбулы и $[8 \times (53x_{cl} + 16) + 6]$ кодированной информации с учетом использования кодера Рида-Соломона, сверточного кодера и модуляции QPSK, где x_{cl} – число ATM ячеек, инкапсулирующих протокольные блоки пользовательских данных сетевого уровня, приходящихся на один трафиковый тайм-слот.

Формирование частотно-временной структуры на длительности суперфрейма и ее циркулярная рассылка в виде сервисных таблиц состава суперфрейма (SCT), состава фрейма (FCT) и структуры слотов (TCT) осуществляются центральной станцией сети для всех активных спутниковых терминалов [1]. Выбор оптимальной структуры суперфрейма должен проводиться в рамках специфических ограничений, задаваемых допустимыми количественными соотношениями между фреймами, слотами и совокупной пропускной способностью, заявляемой активными спутниковыми терминалами к началу очередного цикла.

Цель оптимизации заключается в поиске структуры суперфрейма, позволяющей достичь максимума выделенной пропускной способности, нормированной к занимаемой суперфреймом частотной полосе

$$\max_{(\vec{\delta}, \vec{\delta})} \gamma(\vec{\delta}, \vec{\delta}) = \frac{\sum_{i=1}^{y_{fr}} \sum_{j=1}^{y_s} x_{fr_ij} x_{trf_ij} x_{cl_ij} Q_{cl}}{\Delta f_{sfr} T_{sfr}}, \quad (1)$$

$$\vec{\delta} = (y_{fr}, y_s), \quad \vec{\delta} = (x_{fr}, x_{trf}, x_{cl}) \forall (i, j), \quad i = \overline{1, y_{fr}}, \quad j = \overline{1, y_s},$$

где Q_{cl} – число информационных бит абонентского трафика на ATM ячейку ($Q_{cl} = 384$ бит) при следующих ограничениях:

$$(\Delta f_s - G_f)(T_{csc} - G_t) \geq 1,35 \times (256 + 150), \quad (2)$$

$$(\Delta f_s - G_f)(T_{acq} - G_t) \geq 1,35 \times 256, \quad (3)$$

$$(\Delta f_s - G_f)(T_{sync} - G_t) \geq 1,35 \times (256 + 182), \quad (4)$$

$$(\Delta f_s - G_f)(T_{trf} - G_t) \geq 1,35 \times (48 + 8 \times (53x_{cl} + 16) + 6), \quad (5)$$

$$y_{sfr} \leq \frac{\Delta f}{\Delta f_{sfr}}, \quad y_{fr} \leq \frac{\Delta f_{sfr}}{\Delta f_{fr}}, \quad y_s \leq \frac{\Delta f_{fr}}{\Delta f_s}, \quad x_{fr} \leq \frac{T_{sfr}}{T_{fr}}, \quad (6)$$

$$T_{sfr} \leq T_{\max}, T_{fr} = T_{csc} + T_{acq} + T_{sync} + T_{trf}, \quad (7)$$

$$x_{trf} y_s \leq 2048, x_{fr} y_{fr} \leq 32, x_{fr} y_{fr} x_{sync} y_s \geq N_{st}, \quad (8)$$

$$x_{cl} = 1,2 \text{ или } 4, x_{fr}, x_{sync}, x_{trf}, y_{sfr}, y_{fr}, y_s \geq 0, \quad (9)$$

При модуляции QPSK с символьной скоростью R_s и коэффициенте сглаживания спектра α в частотной полосе $\Delta f_s - G_f$ (МГц) на длительности $T_s - G_t$ (мкс), занимаемой тайм-слотом, может быть передано n символов:

$$(\Delta f_s - G_f) \times (T_s - G_t) = (1 + \alpha) R_s \times \frac{n}{R_s}.$$

Поэтому с учетом типового значения $\alpha = 0,35$ в ограничениях (2–5) в правой части имеются множители 1,35. Ограничения (6–9) выражают допустимые количественные соотношения между фреймами, трафиковыми тайм-слотами и частотными несущими в частотно-временной области суперфрейма с учетом его возможной структуры, количества активных спутниковых терминалов N_{st} и характера полезной нагрузки.

СПОСОБ РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задача выбора оптимальной структуры суперфрейма относится к классу задач нелинейной комбинаторной оптимизации. Известные алгоритмы сведения задачи к безусловной и различные методы нелинейного программирования, гарантируют нахождение приближенных, близких к оптимальным решений в случае выпуклости результирующей целевой функции [4]. Нелинейные целевая функция (1) и ограничения (2–9) не могут гарантировать выпуклость области возможных целочисленных решений. Тем не менее, возможно сведение задачи формирования структуры суперфрейма к задаче целочисленного программирования и решение следующим упрощенным алгоритмом.

Переменные в ограничении (6) в равной степени определяют оптимальность решения, поэтому, фиксируя произвольный набор реальных значений $y_{sfr}, y_{fr}, y_s, x_{fr}$, находим $\Delta f_{sfr}, \Delta f_{fr}, \Delta f_s$ с учетом выделенной стандартом DVB-RCS полосы частот Δf . Далее, используя эти результаты с ограничениями (2–5), представим ограничения (7–9) как единственные ограничения упрощенной задачи целочисленного программирования с вектором искоемых переменных $\vec{x} = (x_{sync}, x_{trf}, x_{cl})$. Для решения приведенной задачи могут использоваться классические методы целочисленного линейного программирования: метод ветвей и границ или метод отсекающих плоскостей [5].

В случаях, если найденное единственное решение не удовлетворяет условию положительности значений переменных \vec{x} , необходимо задать новые наборы значений для переменных $y_{sfr}, y_{fr}, y_s, x_{fr}$. Если же требования к вычислительной эффективности алгоритма поиска не предъявляются, могут применяться методы направленного перебора.

Результаты численного эксперимента, использующего в качестве исходных данных параметры спецификации ETRI для систем широковещательного

спутникового доступа (BSAN) [6], представлены в таблице 1. Значения исходных данных $\Delta f = 22,4$ МГц, $T_{\max} = 10$ с, $G_f = 0,1$ МГц, $G_t = 12$ мкс, $N_{st} = 200$, диапазоны их изменения, параметры структуры могут иметь конкретное сопоставление с любой рассматриваемой VSAT технологией, реализующей MF-TDMA доступ спутниковых терминалов (СТ).

В данных условиях при оптимальной структуре суперфрейма $(\bar{x}^*, \bar{y}^*) = (13, 4, 1024, 4, 1, 2, 2)$ максимальное количество одновременно работающих активных спутниковых терминалов составляет 208 (число SYNC слотов на суперфрейм) с предельной пропускной способностью $R_{\Sigma}(\bar{x}^*, \bar{y}^*) \approx 12,97$ Мбит/с. Это позволит обеспечить работу 90 СТ со средней скоростью 144 кбит/с, 180 СТ с 72 кбит/с либо 203 СТ с 64 кбит/с.

Таблица 1 – Результаты моделирования структуры суперфрейма

Оптимальная структура суперфрейма	Временные параметры структуры суперфрейма	Частотные параметры структуры суперфрейма
$x_{rf} = 13$ $x_{sync} = 4$ $x_{trf} = 1024$ $cl = 4$ $y_{srf} = 1$ $y_{rf} = 2$ $y_s = 2$	$T_{sfr} = 6291857$ мкс $T_{fr} = 483989$ мкс $T_{csc} = 111$ мкс $T_{acq} = 74$ мкс $T_{sync} = 119$ мкс $T_{trf} = 472$ мкс	$\Delta f_{sfr} = 22,4$ МГц $\Delta f_{rf} = 11,2$ МГц $\Delta f_s = 5,6$ МГц

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимальная с учетом предложенных ограничений (2–9) частотно-временная структура суперфрейма находится в ходе решения задачи нелинейной комбинаторной оптимизации и обеспечивает эффективное использование пропускной способности выделенной частотной полосы. Предлагаемый подход к упрощению ее решения, заключающийся в приведении исходной задачи к задаче целочисленного программирования, позволяет снизить вычислительную сложность алгоритма и, соответственно, уменьшить время поиска решения. В рамках постановки задачи могут также учитываться дополнительные ограничения на допустимую символьную скорость, связанную с энергетическим потенциалом спутниковых терминалов, и средние объемы передаваемых трафиковых пачек.

ЛИТЕРАТУРА

1. ETSI EN 301 790 (V1.4.1) Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems.
2. Wang G. Searching for Optimal Frame Patterns in an Integrated TDMA Communication System Using Mean Field Annealing / G. Wang, N. Ansari. – IEEE Trans. Neural Network, vol. 9, no. 6, 1998. P. 1292–1300.

3. Chang C. J. Optimal Frame Pattern Design for a TDMA Mobile Communication System Using a Simulated Annealing Algorithm/ C. J. Chang, C. H. Wu. – IEEE Trans. Vehicular Technol., vol. 42, no. 2, 1993. – P. 205–211.
4. Химмельблау Д. [Прикладное нелинейное программирование; \[под ред. М. Л. Быховского\]. М.: Мир, 1975. – 534 с.](#)
5. Пападимитриу Х.Х. [Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х.Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. – М.: Мир, 1984. – 510 с.](#)
6. Cho Y.H. Broadband Satellite Access Network (BSAN) System for Interactive Multimedia Services / Y. H. Cho, H. J. Lee, presented in ETRI-CRL 2nd Joint Conf., Japan, Aug., 2001.

Илюхин Александр Александрович

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Тел. (4862) 42-15-53

E-mail: ilyukhin@orel.ru

Александр Георгиевич Дубровин

Академия ФСО России, г. Орел

Адъюнкт

Тел. (4862) 40-86-20

E-mail: dubrovin1973@mail.ru

В.В. МАРКОВ, А.М. КУЛИКОВ, Н.В. РЫБАКОВА

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯХ

На основе результатов математического моделирования температуры фрикционного контакта составлен алгоритм экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях. Сформулированы требования к экспериментальному оборудованию, определены ожидаемые выходные данные эксперимента.

Ключевые слова: *трибомониторинг; трибосопряжение; фрикционный контакт; температура; электрического сопротивление фрикционного контакта; математическая модель; алгоритм.*

In the base of results of mathematical model temperature the friction contact is put together the algorithm of experimental researches the thermal processes in the tribological objects. The demands for the experimental equipment is formulated, the waiting outlet dates of experiment is defined.

Keywords: *tribomonitoring; tribojunction; friction contact; temperature; electrical resistance of friction contact; mathematical model; algorithm.*

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Очень часто в процессе трибологических исследований наряду с получением информации об электрических или вибрационных параметрах фрикционного контакта измеряют температуру поверхностей деталей трибосопряжения, находящихся в непосредственной близости от зоны трения. Известно, что с ухудшением условий трения температура повышается, и, даже если не регистрировать значения других диагностических параметров, по повышению температуры уже можно предположить об усилении износа.

Как известно, термодинамическая температура является мерой кинетической энергии внутреннего взаимодействия структурных элементов вещества. Повышение температуры свидетельствует об увеличении длины свободного пробега структурных элементов (атомов или молекул) и об увеличении внутренней энергии вещества в целом. Значит, условно *температуру можно отнести к энергетическим характеристикам.*

Однако, несмотря на очевидные достоинства оценки технического состояния фрикционного контакта по температуре рабочих поверхностей трибосопряжения, практическое применение этого диагностического параметра в большинстве случаев ограничено качественным анализом поверхностной температуры. Это связано со сложностью интерпретации результатов измерения температуры, с существенной инерционностью этого диагностического параметра и с его невысокой чувствительностью к изменению технического состояния рабочих поверхностей деталей трибосопряжения. Для повышения достоверности, быстродействия и чувствительности температурных диагностических параметров трибосопряжения необходимо проведение широкомасштабных экспериментальных исследований по заранее составленным алгоритмам и методикам.

Таким образом, проблема расширения областей практического использования методов диагностирования трибосопряжений по параметрам температуры является

актуальной. Цель данной работы состоит в разработке алгоритма экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях и обосновании требований к оборудованию.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Теоретической базой алгоритма экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях является математическая модель температуры фрикционного контакта. Известно, что математическое моделирование этого диагностического параметра отличается значительной трудоёмкостью. Довольно сложно установить взаимосвязь между геометрическими параметрами рабочих поверхностей и режимами эксплуатации трибосопряжения с одной стороны и температурой рабочих поверхностей – с другой стороны.

В качестве одного из возможных подходов к математическому моделированию температуры фрикционного контакта предложен метод, согласно которому температура рабочих поверхностей рассматривается как совокупность термошумовой, электрической, механической и внешней составляющих:

$$T = T_{\text{ш}} + T_{\text{э}} + T_{\text{м}} + T_{\text{окр}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ш}}$, $T_{\text{э}}$, $T_{\text{м}}$, $T_{\text{окр}}$ – соответственно, термошумовая, электрическая, механическая и внешняя (температура окружающей среды) составляющие температуры фрикционного контакта.

Термошумовую составляющую температуру предложено определять по известной формуле Найквиста [1], устанавливающей зависимость между контактной разностью электрических потенциалов, генерируемой при фрикционном взаимодействии, и рядом внутренних параметров объекта, в число которых входит и температура. Выражая температуру из формулы Найквиста, можно получить следующую зависимость:

$$T_{\text{ш}} = \frac{E}{4 \cdot k \cdot R_0 \cdot \Delta f}, \quad (2)$$

где E – термошумовая ЭДС в измерительной цепи фрикционного контакта;

k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К);

R_0 – электрическое сопротивление фрикционного контакта при начальной температуре;

Δf – полоса частот, в пределах которой измеряется термошумовая ЭДС.

Для определения электрической составляющей температуры фрикционного контакта различными научными школами предложено несколько подходов. Наибольшей известностью пользуется теория Роберта Хольма [2] и разработанная на её основе теория теплопроводности электрических соединителей [3], позволяющая оценить температуру электрического контакта. Однако в обеих теориях температура контакта определяется как статический параметр, а фундаментальный закон Джоуля-Ленца указывает на необходимость учёта времени выделения теплоты в трибосопряжении. Поэтому для определения электрической составляющей температуры фрикционного контакта в данной работе использована формула, полученная на основе закона Джоуля-Ленца и зависимости количества теплоты от удельной теплоёмкости, массы объекта и его избыточной температуры (за T_0 принята

избыточная температура фрикционного контакта, то есть превышение температуры контакта над температурой окружающей среды, вызванное протеканием через контакт электрического тока):

$$T_3 = \frac{U_k^2}{R_0 \cdot c \cdot m} \cdot \tau, \quad (3)$$

где U_k – падение напряжения на фрикционном контакте;

R_0 – электрическое сопротивление объекта при начальной температуре;

c – удельная теплоёмкость материала деталей трибосопряжения;

m – масса трибосопряжения;

τ – время прохождения электрического тока через фрикционный контакт.

После подстановки выражений (2) и (3) в формулу (1) *математическая модель абсолютной температуры фрикционного контакта* примет следующий вид:

$$T = \frac{E}{4 \cdot k \cdot R_0 \cdot \Delta f} + \frac{U_k^2}{R_0 \cdot c \cdot m} \cdot \tau + T_m + T_{\text{окр}}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что только две составляющих температуры фрикционного контакта находятся в функциональной взаимосвязи с его электрическим сопротивлением. Поэтому между температурой и сопротивлением фрикционного контакта может существовать статистическая взаимосвязь. В данной работе формула (4) принята, как математическая модель температуры фрикционного контакта и заложена в основу алгоритма экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях. Её использование позволяет не только выявить наличие взаимосвязи между механическими, электрическими и тепловыми явлениями в трибосопряжении, но и оценить параметры термодинамического процесса, так как одна из составляющих составленной математической модели зависит от времени.

СОДЕРЖАНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Структура алгоритма, соответствующего цели исследований, показана на рисунке 1. В соответствии с принятой структурой, сформулировано содержание всех этапов эксперимента. Ниже дано описание структуры и содержания алгоритма экспериментальных исследований.

Целью экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях является подтверждение адекватности предложенной математической модели температуры фрикционного контакта реальным термическим процессам; получение зависимостей температуры деталей трибосопряжения от его внутренних параметров, режимов и условий эксплуатации; синтез диагностических параметров, эффективно решающих задачи трибомониторинга.

1 Начало. *Постановка исследовательских задач.* На этом, начальном этапе эксперимента, необходимо сформулировать задачи, которые будут решены в процессе проведения исследований. В данной работе к исследовательским задачам относится: изучение объёмного теплового поля в деталях трибосопряжения; получение зависимости абсолютной температуры деталей трибосопряжения от времени работы объекта; получение экспериментальных зависимостей абсолютной температуры и скорости изменения температуры от частоты вращения подвижной

детали трибосопряжения, от значения осевой нагрузки; от типа (пластичный, жидкий, с присадками) и количества смазочного материала.

2 *Подготовка экспериментального оборудования.* В соответствии с задачами эксперимента сформулированы требования к оборудованию – экспериментальной установке и средствам измерений. В качестве установки в эксперименте будет использоваться двухпорный подшипниковый узел, разработанный на кафедре «Приборостроение, метрология и сертификация» Орловского государственного технического университета и модернизированный для проведения запланированных опытов. Двухпорный узел снабжён посадочными отверстиями для размещения десяти датчиков температуры, оснащён электрическим приводом с регулируемой частотой вращения вала и позволяет моделировать осевую нагрузку на исследуемое трибосопряжение (шариковый радиальный однорядный подшипник качения типа 206).

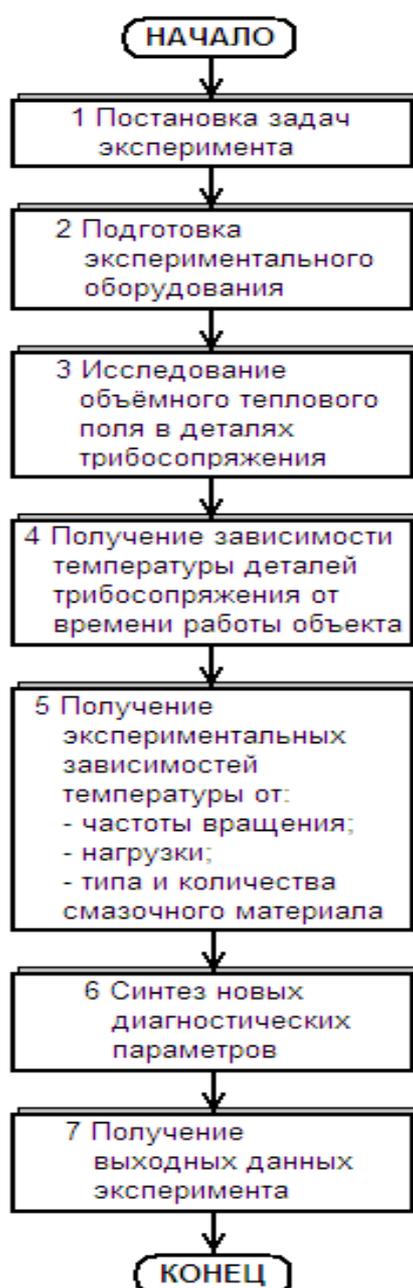


Рисунок 1 – Структура алгоритма экспериментальных исследований тепловых процессов в трибосопряжениях

Средством измерений диагностических параметров, режимов эксплуатации и входных данных служит автоматизированная система сбора и анализа данных при трибомониторинге САДТ-1 (рисунок 2). Система САДТ-1 разработана научной школой кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация» ОрелГТУ при участии Е.В. Пахолкина, В.В. Мишина, Е.В. Горностаева и одного из авторов этой статьи, под руководством К.В. Подмастерьева в 2003-м году и представляет собой контрольно-измерительное оборудование для исследований в области трибологии, машиноведения, механики, неразрушающего контроля и диагностики, учебного процесса в системе высшего образования [4, 5].

Система САДТ-1 позволяет автоматизировать совместные динамические измерения ряда диагностических признаков трибосопряжения: электрического сопротивления и ЭДС, температуры поверхностей трибосопряжения (десять независимых каналов) и частоты вращения подвижных деталей (два независимых канала), параметра – нормированное интегральное время (параметр НИВ) и частоты микроконтактирования в исследуемом объекте.

Наличие десяти независимых каналов измерения температуры и двух каналов измерения частоты, сочетающихся с эргономичным интерфейсом программного обеспечения (рисунок 3), позволяет провести с помощью САДТ-1 исследования закономерностей распространения теплоты в пределах подшипниковых узлов экспериментальной установки, получить зависимости температуры и скорости её изменения при варьировании частоты вращения, типа и количества смазочного материала, осевой нагрузки подшипников. В эксперименте система САДТ-1 будет использована для регистрации абсолютной температуры деталей трибосопряжения в десяти точках и измерения частоты вращения его подвижных деталей.



Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного стенда для исследования тепловых процессов в трибосопряжениях, созданного на основе системы САДТ-1

3 Изучение объёмного теплового поля в деталях трибосопряжения. Этот этап исследований является предварительным оценочным экспериментом. Он проводится для получения информации о граничных условиях реализации исследовательских задач: диапазонах скоростей вращения, нагрузок, температур, оптимальной длительности эксперимента, необходимом периоде приработки подшипников и других факторов, определяющих ход работы.

4 *Получение зависимости температуры деталей трибосопряжения от времени работы объекта.* Полученная в результате этого этапа исследований экспериментальная зависимость абсолютной температуры деталей трибосопряжения будет использована для подтверждения адекватности разработанной математической модели (формула 4) термодинамическим процессам, протекающим в трибосопряжении (на примере подшипника качения).

5 *Получение экспериментальных зависимостей температуры от режимов эксплуатации трибосопряжения.* На этом этапе будут исследованы зависимости абсолютной температуры деталей трибосопряжения (в нескольких точках теплового поля) от режимов эксплуатации двухопорного подшипникового узла. Варьированию будут подлежать такие параметры режимов эксплуатации объекта исследований, как частота вращения вала экспериментальной установки, осевая нагрузка на исследуемый подшипник качения, тип смазочного материала (пластичный, жидкий, с антифрикционными присадками) и его количество.

6 *Исследование новых диагностических параметров.* Заключительным этапом эксперимента будет исследование нового диагностического параметра, гипотеза об эффективности которого сформулирована в работе [6]. Данным параметром является скорость изменения температуры деталей трибосопряжения. Помимо скорости изменения температуры, по результатам проведения экспериментальных исследований могут быть предложены и другие новые диагностические параметры, эффективно решающие проблему получения первичной информации о техническом состоянии фрикционного контакта в трибосопряжениях.

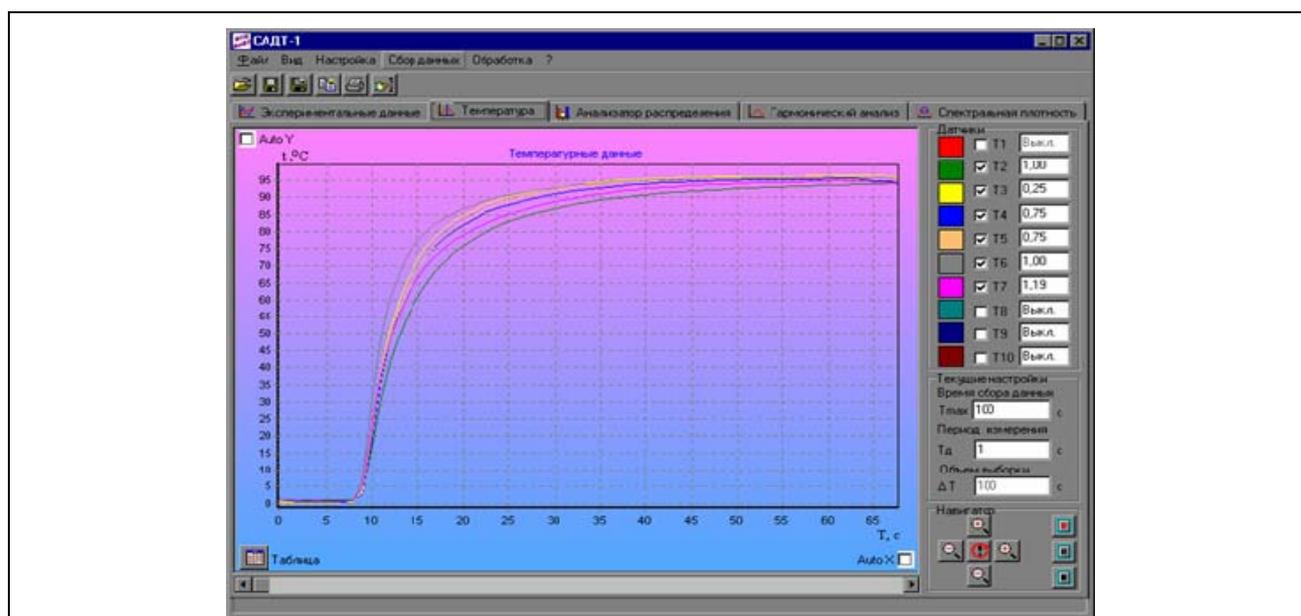


Рисунок 3 – Окно канала измерения температуры системы САДТ-1

7 *Окончание. Получение выходных данных эксперимента.* Экспериментальные исследования тепловых процессов в трибосопряжениях можно будет считать завершёнными, если будут решены все их задачи: изучение объёмного теплового поля в деталях трибосопряжения; получение зависимости абсолютной температуры деталей трибосопряжения от времени работы объекта; получение экспериментальных зависимостей абсолютной температуры и скорости изменения температуры от частоты вращения подвижной детали трибосопряжения, от значения осевой нагрузки; от типа и количества смазочного материала.

ВЫВОДЫ

Предложенный алгоритм экспериментальных исследований позволяет провести опыты по подтверждению адекватности предложенной математической модели температуры фрикционного контакта реальным термодинамическим процессам, получить зависимости температуры деталей трибосопряжения от его внутренних параметров и режимов эксплуатации, а также обосновать возможность синтеза новых диагностических параметров, эффективно решающих задачи трибомониторинга и трибодиагностики технических систем.

Работа выполнена в соответствии с тематикой научно-исследовательского проекта Рособрнауки (номер государственной регистрации: 01.2.007 05085).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов Л.Н. Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении: учебное пособие для вузов / Л.Н. Воронцов, С.Ф. Корндорф. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
2. Хольм Р. Электрические контакты. – М.: Иностранная литература, 1961. – 464 с.
3. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов; [под ред. Ю.К. Розанова]. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Информэлектро, 2001. – 420 с.
4. Подмастерьев К.В. Автоматизированная система сбора и анализа данных при трибомониторинге / К.В. Подмастерьев, В.В. Мишин, Е.В. Пахолкин, В.В. Марков, В.В. Горностаев // Индустрия образования: сб. статей. – Вып. 4. – М.: МГИУ, 2002. – С. 70-80.
5. Автоматизированная система сбора и анализа данных при трибомониторинге : отчет о НИР (заключ.) / Орловский государственный технический университет; [рук. К.В. Подмастерьев]. – № ГР. 01.2.00 105777. – Орёл, 2001. – Инв. № 01.2.00 105777. – 130 с.
6. Марков В.В. Теоретические исследования источников первичной информации о состоянии фрикционного контакта // Известия ОрелГТУ. – Сер. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орёл, ОрелГТУ, 2008. – № 4. – С. 60-68.

Марков Владимир Владимирович

Орловский государственный технический университет, г. Орёл

Кандидат технических наук, доцент кафедры

«Приборостроение, метрология и сертификация»

Тел. (4862) 41-98-76

E-mail: pms35vm@yandex.ru

Куликов Александр Михайлович

Орловский государственный технический университет, г. Орёл

Студент третьего курса специальности 200101 «Приборостроение»

Тел. (4862) 41-98-76

E-mail: pms35vm@yandex.ru

Рыбакова Наталия Владимировна

Орловский государственный технический университет, г. Орёл

Студентка второго курса специальности 200101 «Приборостроение»

Тел. (4862) 41-98-76

E-mail: pms35vm@yandex.ru

О.А. ЕВСЕГНЕЕВ, В.И. РОГОВИЧ, И.А. ВАЙНШТЕЙН

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ

Разработан параллельный генетический алгоритм, позволяющий моделировать кинетические процессы термоактивационного типа в твердых телах на вычислительных кластерах, а также на многоядерных персональных компьютерах. Показано существенное улучшение эффективности расчетов по предложенной схеме в сравнении с традиционным алгоритмом.

Ключевые слова: термоактивационные процессы; генетический алгоритм; параллельные вычисления.

The parallel genetic algorithm has been developed, which allows to simulate thermoactivated kinetic processes in solids on clusters and multi-core workstations. In comparison with traditional approach there was shown the significant improvement of calculation efficiency.

Keywords: thermoactivated processes; genetic algorithm; parallel computing.

ВВЕДЕНИЕ

Использование генетических алгоритмов (ГА) для моделирования различных термостимулированных явлений в твердых телах (проводимость, люминесценция, эмиссия и т.п.), описываемых системами дифференциальных кинетических уравнений [1, 2], требует значительной для современных ПК вычислительной мощности. Так, численная аппроксимация экспериментальных данных с использованием программного комплекса «GenTL» [3], предназначенного для анализа механизмов термолюминесценции в широкозонных кристаллах, может достигать 10-15 часов. Такая продолжительность вычислений не позволяет применять комплекс в учебных целях или для экспресс-анализа результатов измерений.

Очевидным способом ускорения вычислений является применение параллельного ГА (ПГА). При этом необходимо учитывать особенности численных методов, используемых при оценке приспособленности особей, а также особенности параллельных вычислительных систем (ПВС), для которых будет реализован данный алгоритм.

Существующие на данный момент подходы к распараллеливанию ГА представлены глобальной, островной, клеточной и гибридной моделью [4]. Глобальный параллельный ГА (ГПГА) является прямой параллельной реализацией последовательного ГА. При данном подходе все манипуляции с особями, включая их генерацию, производятся на головном узле. Распределение по второстепенным узлам происходит лишь на этапе оценки приспособленности особей. ГПГА обладает высокой эффективностью в случаях, когда вычислительная часть алгоритма доминирует над коммуникационной. Однако в условиях, когда время, затрачиваемое на оценку приспособленности, различается на порядки для разных особей, эффективность синхронного ГПГА значительно снижается [5].

Островная модель ПГА подразумевает разделение всей популяции на группы (острова), которые в дальнейшем развиваются на отдельных узлах ПВС. В синхронном режиме, через определенное количество циклов, группы обмениваются

информацией о своих лучших представителях. При выборе данного подхода приходится решать дополнительные задачи по выбору оптимальных параметров, таких как топология связей между группами, интенсивность и интервал миграции, что может негативно влиять на качество получаемого решения.

В случае клеточной модели имеет место массив очень малых групп особей (вплоть до одной особи в группе), расположенных на решетке. Главным отличием данной модели от островной является то, что группы взаимодействуют только со своими ближайшими соседями. Подобный подход показывает высокую эффективность при использовании специальных ПВС, таких как клеточно-автоматные машины и массивно-параллельные системы.

Гибридные ПГА представляют собой различные комбинации приведенных выше моделей. Наследуются все особенности входящих в её состав видов ГА. К тому же, появляется дополнительный системный эффект, что усложняет поведение модели и предсказуемость результатов её функционирования.

Цель настоящей работы – разработка эффективного ПГА для моделирования кинетических процессов на примере анализа механизмов термолюминесценции в кристаллах.

ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ ПГА

Адаптация понятий генетического моделирования применительно к ТЛ анализу и формализм используемых кинетических схем описаны в работе [6]. При распараллеливании ГА в данном случае необходимо учитывать значительные различия во времени расчета функции приспособленности для разных особей (рис.1).

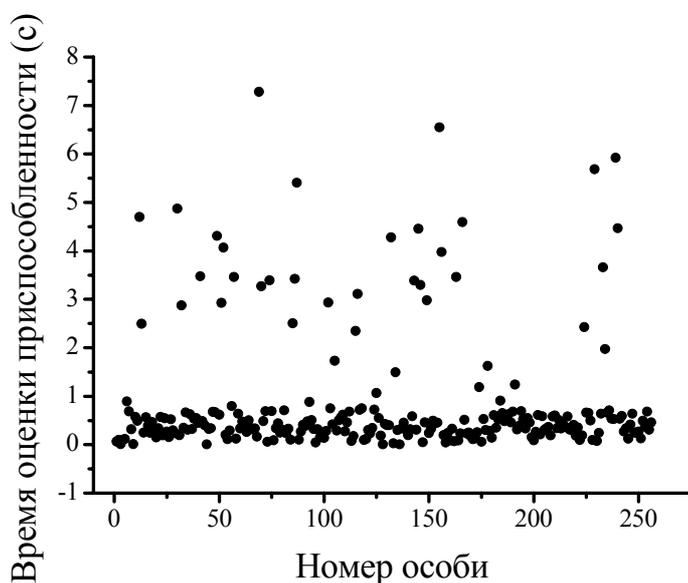


Рисунок 1 – Время оценки приспособленности для случайного набора особей

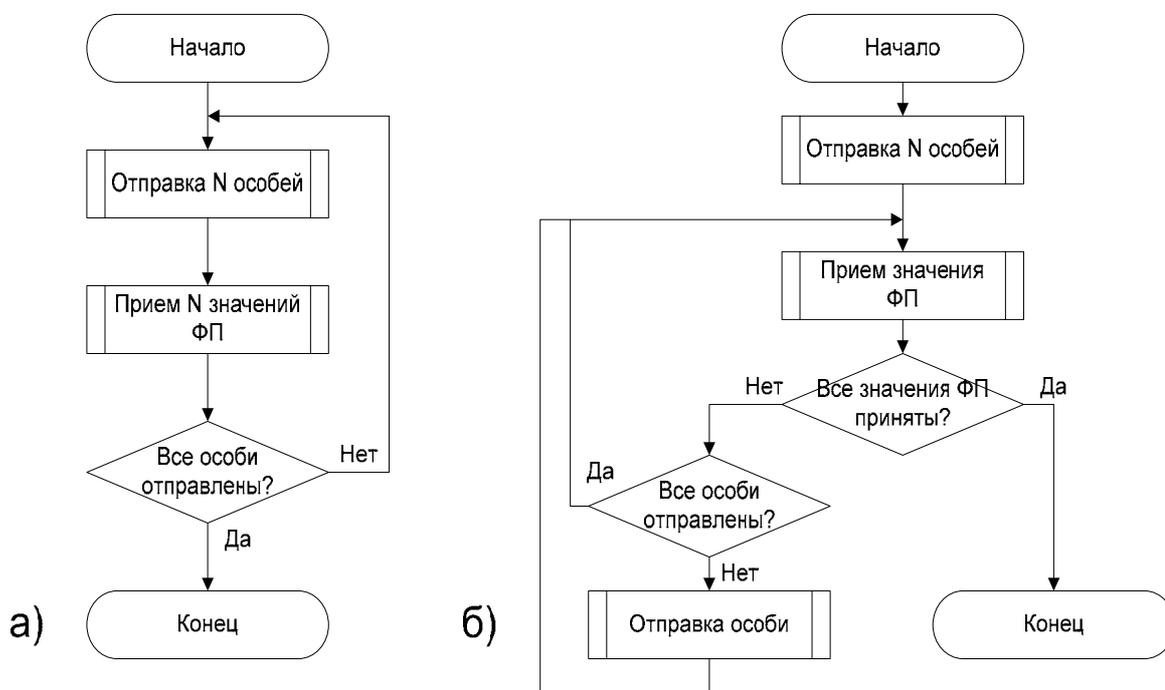
Такой разброс времени расчета особей обусловлен особенностями вычисления значений функции приспособленности на основе показателя FOM [1]. Кроме того, большое влияние на продолжительность оценки оказывают различные соотношения между величинами модельных параметров, таких как энергия активации ловушек, частотный фактор, скорости рекомбинации и захвата и т.д.

Для решения поставленной задачи был выбран синхронный ГПГА. Этот метод обеспечивает качество решения, эквивалентное последовательному ГА. Однако,

традиционный алгоритм распределения вычислений в ПГА (рис.2а), не способен обеспечить эффективное распараллеливание вследствие простоя узлов во время синхронизации. Низкая эффективность данного метода была повышена за счет применения алгоритма распределения нагрузки между второстепенными узлами (рис.2б). Подобный подход используется, в частности, при балансировке нагрузки в неоднородных распределенных ПВС [7].

Предложенный алгоритм распределяет особей одного поколения между узлами ПВС по мере высвобождения последних. Таким образом, удается поддерживать постоянную загрузку второстепенных узлов. Исключение составляет последний этап работы алгоритма, на котором осуществляется только прием значений функции приспособленности.

Также, благодаря данному подходу повышается эффективность работы ПГА на вычислительных кластерах, где скорость работы узлов может различаться, и присутствуют коммуникационные задержки.



*Рисунок 2 – Алгоритм распределения особей
 а – традиционная схема, б – предложенная схема*

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На основе данных, полученных в ходе моделирования процесса распределения, была построена зависимость эффективности распараллеливания от количества второстепенных узлов (рис.3). Расчет производился для популяции из $N_p = 256$ особей и 5 поколений. Показатель эффективности рассчитывался по формуле [5]:

$$E = \frac{T_s}{T_p N}, \quad (1)$$

где T_s – время работы алгоритма в последовательном режиме;

T_p – время работы алгоритма в параллельном режиме;

N – количество процессоров.

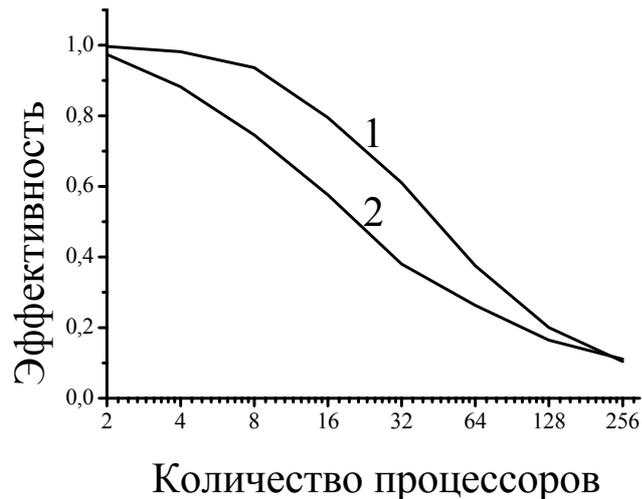


Рисунок 3 – Зависимость эффективности распараллеливания от количества второстепенных узлов при разных схемах
 1 – предложенная схема, 2 – традиционная схема

На рисунке 3 видно, что с увеличением размера ПВС разность ΔE между значениями показателя эффективности для традиционной и предложенной схемы растёт. При этом количестве процессоров от $N=8$ до $N=32$, ΔE меняется незначительно и при $N=32$ принимает максимальное значение. Однако когда размер ПВС и размер популяции близки, различия между данными схемами распределения нивелируются. Такое поведение объясняется тем, что при $N=1$ и $N=N_p$, работа предлагаемого алгоритма не отличается от работы традиционной схемы.

Также следует отметить, что при количестве узлов ПВС < 8 , значение показателя E мало отличается от единицы и находится в диапазоне от 0.99 до 0.93. При таких значениях эффективности распараллеливания, ускорение работы ГА будет эквивалентно количеству узлов. Например, при $N = 8$ происходит ускорение вычислений в 7.44 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе был разработан синхронный ПГА для моделирования кинетики ТЛ, основанный на адаптивном алгоритме распределения особей. В ходе моделирования процесса распределения была построена зависимость показателя эффективности от количества второстепенных узлов ПВС, задействованных в расчетах. Показано, что предложенный подход позволяет повысить эффективность распараллеливания на вычислительных кластерах и многоядерных ПК. При этом эффективность распараллеливания для обсуждаемых задач составляет $E > 0.9$ для случая, когда размер ПВС $N < 8$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнштейн И.А. Генетический поиск модельных параметров при аппроксимации кривых термолуминесценции / И.А.Вайнштейн, Е.А. Попко // Письма в журнал технической физики. – 2006. – Т.32 (6). – С.534-537.
2. Pagonis V. Numerical and practical exercises in thermoluminescence / V. Pagonis, G. Kitis, C. Furetta. – New York : Springer, 2006.
3. Вайнштейн И.А. Программный модуль «Электронный ГА-конструктор люминесцентных моделей с термоактивационной кинетикой» (“GenTL”) / И.А.Вайнштейн, Е.А. Попко //

Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006614299. – Москва, 18.12.2006.

4. Сидоренко Ю.Н. Параллельные методы решения задач глобальной оптимизации: генетические алгоритмы и эволюционные стратегии / Ю.Н. Сидоренко, С.В. Тимченко // Вторая Сибирская школа-семинар по параллельным вычислениям; [под ред. проф. А.В.Старченко]. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. – 111 с.
5. Cantu-Paz E. Efficient and accurate parallel genetic algorithms / E. Cantu-Paz. – Norwell: Kluwer, 2000.
6. Weinstein I.A. Evolutionary approach in the simulation of thermoluminescence kinetics / I.A. Weinstein, E.A. Popko. // Radiation Measurements. – 2007. – Vol. 42, No.4-5. – P. 735-738.
7. Yang Chao-Tung A parallel loop self-scheduling on extremely heterogeneous PC clusters / Yang Chao-Tung, Chang Shun-Chyi // Journal of Information Science and Engineering. – v20 i2. – 263-273.

Евсегнеев Олег Анатольевич

Уральский Государственный Технический Университет –
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Ассистент кафедры «Вычислительная техника»
Тел. (343) 324-23-81
E-mail: chrome32@mail.ru

Рогович Валерий Иосифович

Уральский Государственный Технический Университет –
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Вычислительная техника»
Тел. (343) 234-04-25

Вайнштейн Илья Александрович

Уральский Государственный Технический Университет –
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
«Физические методы и приборы контроля качества»
Тел. (343) 375-45-94
E-mail: wia@dpt.ustu.ru

Ю.В. НОВОКРЕЩЕНОВ

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА, ОСНОВАННЫХ НА СЕРВЕРЕ ПРИЛОЖЕНИЙ ZOPE

Выявлены основные узкие места систем электронного документооборота (СЭД) и корпоративных информационных систем (КИС), которые приводят к снижению производительности данных систем в процессе их масштабирования. Определены подходы к устранению выявленных узких мест.

Ключевые слова: *объектные базы данных; таблицы индексов объектной БД; оптимизация сервера приложений ZOPE; производительность систем электронного документооборота.*

There are main bottle necks detected in the document management systems (DMS) and in the Enterprise Resource Planning Systems (ERP) that cause a system slowdown during scaling. There were several solutions defined for that problem.

Keywords: *High performance Object Databases; Object Database indexes; Document management system optimization.*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из целей внедрения систем электронного документооборота (СЭД) и корпоративных информационных систем (КИС) является оптимизация информационных потоков предприятия. При этом производительность таких систем является одним из наиболее важных параметров, влияющих на качество работы конечных пользователей с КИС и СЭД. Поэтому снижение производительности ведет за собой общее снижение эффективности работы автоматизированной системы.

Основной проблемой, с которой сталкиваются пользователи данных информационных систем при длительной их эксплуатации, является появление значительных задержек при работе с системой. Причины снижения производительности СЭД и КИС, как правило, кроются в наличии ряда узких мест, которые не позволяют оперативно выполнять запросы пользователей в условиях непрерывного роста объема данных системы. Таким образом, обнаружение и устранение таких узких мест системы является основным средством повышения производительности информационных систем предприятия.

ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД ПРИ ХРАНЕНИИ ДАННЫХ

Наиболее подходящим подходом к разработке информационных систем со сложной и динамичной моделью данных является использование объектно-ориентированных языков программирования. В качестве хранилища данных здесь выступают объектные базы данных (ОБД), информацию в которых, в отличие от реляционных баз данных (РБД), можно представить ориентированным графом отношений вложенности атрибутов объектов. Подобная особенность ОБД позволяет находить требуемый объект гораздо быстрее, чем в случае использования РБД. При этом не содержит данный объект неструктурированные атрибуты или нет, что очень

важно при эксплуатации современных СЭД, где доля неструктурированных данных может достигать до 90%.

Несмотря на указанные преимущества объектной модели данных перед реляционной, существующие недостатки ОБД снижают эффективность работы с КИС и СЭД. Одним из таких недостатков является неспособность объектной СУБД проводить оптимизированный поиск совокупности объектов [1], что приводит к значительным задержкам системы при генерации разного рода отчетов.

Решением данной проблемы является создание гибридных систем, в которых одновременно используется и объектная, и реляционная базы данных. ОБД в данном случае служит для хранения объектов СЭД, а РБД содержит таблицы индексов для разных классов объектов. Таким образом, при поиске совокупности объектов по запросам различной сложности может быть использован оптимизированный механизм поиска реляционных СУБД. На рисунке 1. представлена архитектура гибридной системы в случае использования реляционной СУБД «MySQL» и сервера приложений «Zore».

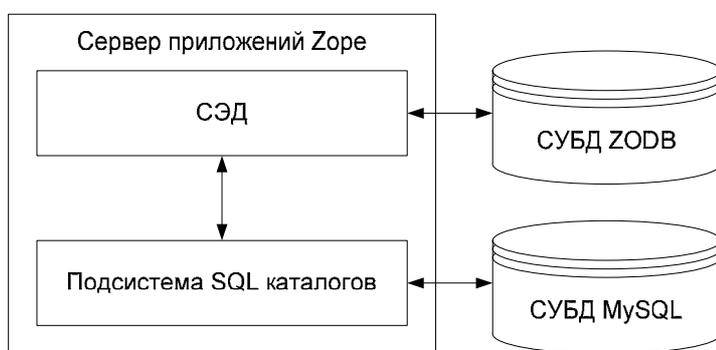


Рисунок 1 – Архитектура гибридной СЭД

КОНФЛИКТЫ ТРАНЗАКЦИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОДА

Другим узким местом СЭД является возникновение множества конфликтов при выполнении операций чтения и записи в базу данных. Конфликт чтения или записи возникает, когда два процесса одновременно пытаются совершить действие над одним и тем же объектом системы. Подсистема разрешения конфликтов, имеющаяся в сервере приложений, определяет, какой из процессов имеет наибольший приоритет при работе с объектом и разрешает выполнение его транзакции. Другой же процесс получает отказ, и его транзакция перезапускается. Благодаря таким действиям встроенной подсистемы разрешения конфликтов сохраняется целостность данных в СЭД, однако, дублирующиеся транзакции снижают производительность системы.

Единственным решением данной проблемы является анализ участков программного кода, ответственных за запись и чтение данных, и выявление избыточных операций над базой данных. Типичным примером такой ситуации может служить попытка индексации объекта по всему набору индексов, хотя изменению подверглось лишь одно определенное свойство объекта.

Ещё одной причиной снижения производительности СЭД, связанной непосредственно с программным кодом, является постоянная переработка кода с целью уменьшения количества конструкций языка. Такая переработка, безусловно, ведет к улучшению понимания программы, однако зачастую может приводить и к снижению скорости работы СЭД. Для минимизации таких последствий обновления программного кода, необходимо вводить процедуру тестирования производительности после каждого этапа переработки.

ОПТИМИЗАЦИЯ СЭД NAUDOC

Практическая реализация описанных подходов была осуществлена для СЭД «NauDoc», которая имеет в своей основе сервер приложений «Zore»[2]. В качестве хранилища данных в указанной СЭД используется объектная база данных «ZODB».

Для устранения задержек системы, связанных с поиском объектов в базе, было принято решение использовать хорошо интегрируемую в технологию Zore реляционную СУБД «MySQL» для хранения индексной информации об искомых объектах. Согласно имеющейся статистике по качеству и количеству запросов к системе, были разработаны таблицы для хранения индексов документов, заданий и записей справочников.

Непосредственное взаимодействие «NauDoc» и реляционной СУБД было возложено на Zore модуль «ZSQLCatalog», а организация соединения с внешней СУБД «MySQL» на специализированный программный адаптер «MySQLDA». Диаграмма взаимодействия всех подсистем полученного решения представлена на рисунке 2.

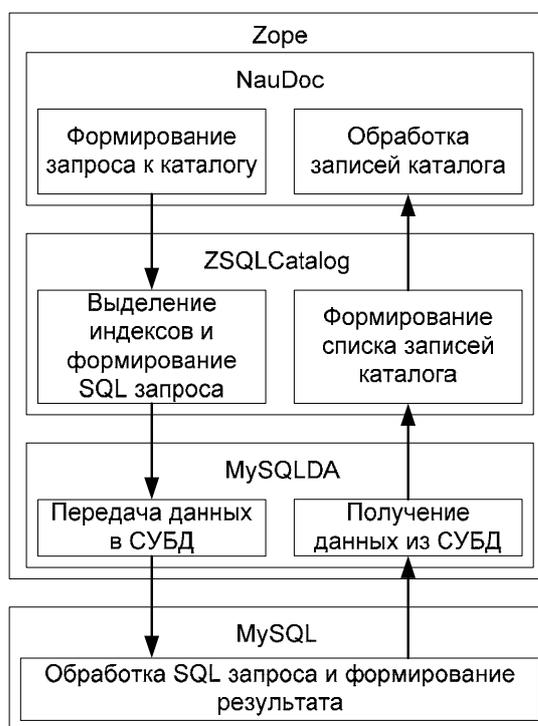


Рисунок 2 – Диаграмма взаимодействия модулей интегрированного решения

Для проведения нагрузочного тестирования разработанного решения СЭД было заполнено 50 тыс. документов, 10 тыс. записей справочников и 10 тыс. заданий, что соответствует рабочей системе среднего предприятия с численностью сотрудников до 200 человек. Результаты тестирования для разного количества одновременных запросов к системе представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Средние задержки при обработке запросов к СЭД «NauDoc» в зависимости от типа запроса и количества одновременных запросов и при использовании стандартных каталогов индексов

Тип запроса	Задержка (с)		
	1 запрос	2 запроса	5 запросов

Продолжение Таблицы 1

Поиск по справочнику	1	3	15
Поиск по заданиям	1	3	13
Поиск по документам	2	3	22

Таблица 2 – Средние задержки при обработке запросов к СЭД «NauDoc» в зависимости от типа запроса и количества одновременных запросов и при использовании SQL каталогов индексов

Тип запроса	Задержка (с)		
	1 запрос	2 запроса	5 запросов
Поиск по справочнику	1	1	7
Поиск по заданиям	1	1	7
Поиск по документам	2	2	9

Полученные значения задержек показывают, что с увеличением одновременных обращений к системе производительность системы снижается. Однако, в отличие от аналогичных тестов для стандартных каталогов «Zope», задержка при выполнении запросов с использованием SQL-индексов принимает значительно меньшие величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе работы были выявлены основные причины, влияющие на снижение производительности СЭД при увеличении объёма базы данных и активности пользователей. Определены подходы к решению данных проблем, а также проведена практическая оптимизация СЭД «NauDoc», основанной на сервере приложений «Zope» и ОБД «ZODB». В результате нагрузочного тестирования модернизированной СЭД были получены показатели, подтверждающие эффективность предлагаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stanley Zdonik. Directions in Object-Oriented Databases // COMPSAC'89 13th Annu. Int. Comput. Software and Appl. Conf., Orlando, Fla, Sept. 20-22, 1989. – 200 p.
2. Michael Bernstein. Scott Robertson. Zope Bible. Hungry Minds Inc. New York, 2002.

Новокрещенов Юрий Владимирович

Руководитель направления NauDoc, ООО «Наумен-Консалтинг»

Тел.: (343) 376-76-45

E-mail: yn@naumen.ru

К.С. ШУРЫГИН

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЧИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕОРИИ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ

Рассмотрена задача фонетического анализа речи на основе информационной теории восприятия речи. Предложен новый алгоритм классификации. Приведены результаты практического исследования оптимальных параметров.

Ключевые слова: автоматическая обработка речи; информационная теория восприятия речи; фонема; критерий минимума информационного рассогласования.

The task of phonetic analysis on basis of informational theory of speech perception is reviewed. New algorithm of classification is suggested. The results of practical research optimal parameters are reduced.

Keywords: automatic voice recognition; informational theory of perception of speech; phoneme; criterion of a minimum of an informational mismatch.

ВВЕДЕНИЕ

В области автоматической обработки речи перспективной является информационная теория восприятия речи (ИТВР). В статье [1] даются ее базовые понятия. В соответствии с ИТВР все множество элементарных речевых единиц (ЭРЕ) в сознании человека разбивается на конечное число подмножеств – кластеров. Каждое такое подмножество имеет четко очерченные границы вокруг некоторого центра – эталона, который определяется по аналогии с центром масс, но в метрике Кульбака-Лейблера [2]. Такой кластер является фонемой. Причем, чем больше элементов включает в себя фонема, тем устойчивее и, следовательно, точнее определяется ее центр-эталон. Таким образом, для обработки слитной речи необходимо сформировать классифицированный набор реализаций ЭРЕ. Разработке алгоритма фонетического анализа на основе ИТВР посвящена данная работа.

КРИТЕРИЙ МИР

Задача распознавания образов при статистическом подходе сводится к проверке R гипотез о законе распределения выборки [3]:

$$W_r : \quad \mathbf{P}_X = \mathbf{P}_r, \quad r = \overline{1, R}. \quad (1)$$

Здесь \mathbf{P}_r – r -я альтернатива распределения, предполагаемая точно заданной; при этом множество альтернатив $\{\mathbf{P}_r\}$ исчерпывает собой все допустимое многообразие законов распределения выборки X .

В работе [4] было показано, что выражение для оптимальной решающей статистики при применении строгого критерия минимума информационного рассогласования (МИР) и при гауссовом распределении сигнала $\mathbf{P}(X_r)$ сводится к виду:

$$\rho_{x,r} \triangleq \frac{1}{F} \sum_{f=1}^F \left(\frac{G_x(f)}{G_r(f)} + \ln \frac{G_r(f)}{G_x(f)} \right) - 1 \rightarrow \min_{r=1,R}, \quad (2)$$

где $G_x(f)$ – выборочная оценка спектральной плотности мощности (СПМ) анализируемого сигнала X в функции дискретной частоты f ;

$G_r(f)$ – СПМ r -го сигнала из словаря эталонов;

F – верхняя граница частотного диапазона сигнала или используемого канала связи;

R – размер или объем рабочего словаря.

Если выполнить нормировку коэффициентов линейного предсказания сигнала по дисперсии их порождающего шума, то получим из выражения (1) стандартную формулировку выборочной оценки величины информационного рассогласования (ВИР) между сигналом X на входе и r -м сигналом из словаря в частотной области [5]:

$$\rho_{x,r} = \frac{1}{F} \sum_{f=1}^F \frac{\left| 1 + \sum_{m=1}^p a_r(m) \exp(-j\pi m f / F) \right|^2}{\left| 1 + \sum_{m=1}^p a_x(m) \exp(-j\pi m f / F) \right|^2} - 1, \quad (3)$$

где $T = 1/(2F)$ – период дискретизации речевого сигнала.

Синтез алгоритма. Все множество альтернативных распределений $\{\mathbf{P}_r\}$ разобьем на R^2 всевозможных пар $(\mathbf{P}_i, \mathbf{P}_j), i, j \leq R$. Затем вычислим для каждой такой пары удельную величину их взаимного информационного рассогласования (ИР) [6]:

$$\rho(\mathbf{P}_i / \mathbf{P}_j) = \rho_j(X_i) = \sigma_j^2(X_i) / \sigma_j^2 + \ln(\sigma_j^2 / \sigma_j^2(X_i)) - 1, \quad (4)$$

где X_i – n -выборка из i -ой генеральной совокупности \mathbf{P}_i .

Элементы, для которых выполняется правило:

$$\rho_j(X_i) \leq \rho_0 \quad (5)$$

при $j=1$, образуют первый кластер, ρ_0 – некоторый пороговый уровень (сверху) для минимальной решающей статистики из выражения (2). Если второй элемент не вошел в первый кластер, то строим второй кластер по правилу (5) для $j=2$.

Если же вошел, то второй кластер строим по условию (5) для $j=3$. Группируем таким образом элементы множества X . При возникновении спорной ситуации, когда правило (5) выполняется для нескольких элементов, т.е. он попадает сразу в несколько кластеров, предпочтение отдается тому из них, для которого значение решающей статистики меньше. Таким образом, получаем набор речевых образов $X_r = \{x_{r,j}\}$.

После кластеризации возникает следующий вопрос – что же брать в качестве образа каждой фонемы. В соответствии с ИТВР решать эту проблему можно с помощью метода минимума суммы информационных рассогласований [7]. Этот подход заключается в нахождении информационного центра по множеству различных реализаций одной фонемы.

Пусть каждый речевой образ $X_r = \{x_{r,j}\}$ представлен конечным множеством объема V_r . Пользуясь выражением (4), можно получить матрицу ИР $V_r \times V_r$ между элементами внутри фонемы. Находим сумму минимума информационного рассогласования для каждого элемента фонемы по правилу [1]:

$$M_r = \sum_{i \neq j}^{V_r} \rho_j(X_i) \rightarrow \min_{i,j} . \quad (6)$$

После этого реализацию с минимальным значением суммарного информационного рассогласования M_r^{\min} считаем эталонной, а ее параметры становятся образом всего кластера. Таким образом, находим центры-эталонные для всех фонем.

ПРИМЕР

Для экспериментальных исследований синтезированного алгоритма был взят текст первой главы романа А.С. Пушкина "Капитанская дочка", проговорен и записан в память ПК в виде звукового файла. Для этого применялись специальные программные и аппаратные средства: динамический микрофон AKG D77 S и ламповый микрофонный предусилитель ART TUBE MP Project Series USB. Частота дискретизации встроенного АЦП была установлена равной 8 кГц – общепринятая частота при обработке речи. Продолжительность записи составила около полутора минут. Далее по алгоритму (7)-(9) [8] было выделено множество ЭРЕ. По алгоритму (3)-(6) был проведен анализ данного множества при разных значениях ρ_0 . На рисунке 1 показана зависимость количества выделенных фонем от порога ρ_0 .

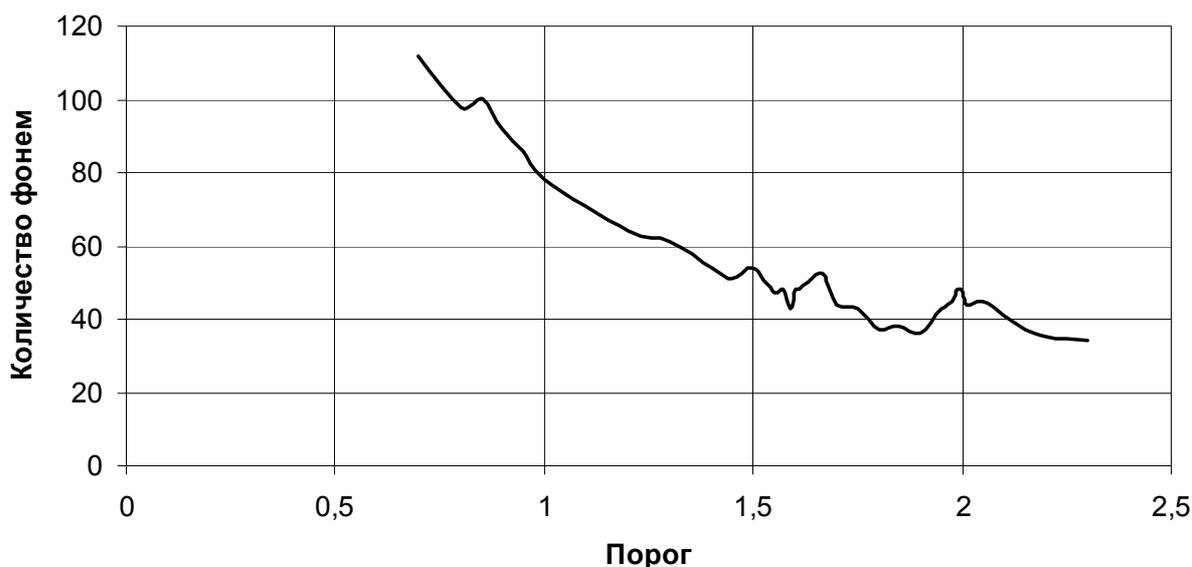


Рисунок 1 – График зависимости количества фонем от порога ρ_0

Проблему выбора оптимального значения можно решить по принципу относительной стабилизации фонетического состава речевого сигнала. С одной стороны, при малых значениях порогов мы получаем чрезмерно большое количество фонем с небольшими различиями между собой в теоретико-информационном смысле. С другой стороны, при слишком больших значениях порогов в один кластер, возможно, попадут реализации заведомо разных фонем. А это безусловная ошибка фонетического анализа.

Следовательно, значения порога ρ_0 следует выбирать в точках на графике, где количество классифицированных фонем достаточно представительно. Это соответствует промежутку $\rho_0=1,2..2$. Для более точного выделения оптимальных значений порога построим график зависимости величины среднего информационного рассогласования между эталонами фонем от порога ρ_0 . Данная зависимость представлена на рисунке 2.

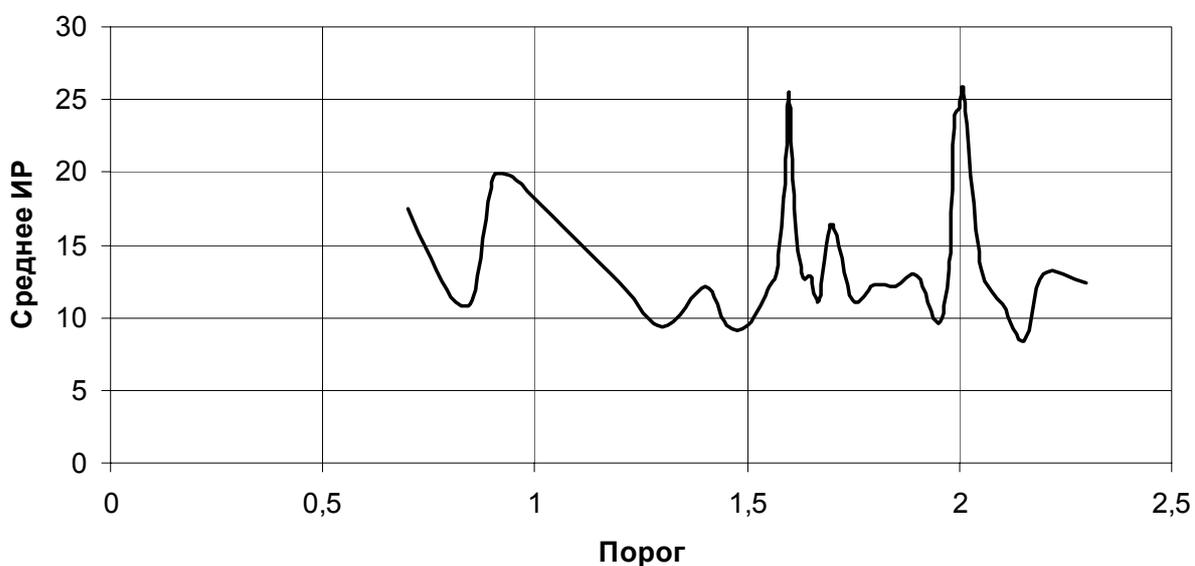


Рисунок 2 – График зависимости средней величины ИР от порога ρ_0

Из рисунков видно, что оптимальным значением порога ρ_0 являются значения равные 1,6 и 2,01. При этих значениях порога фонетическая база получается наиболее полная, в теоретико-информационном смысле, как по количеству фонем, так и по наполнению базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, благодаря проведенному исследованию предложен новый алгоритм классификации ЭРЕ в задаче формирования фонетической базы данных и проведено его экспериментальное исследование. Ключевым моментом алгоритма является нахождение информационного центра-эталона речевого образа, идея которого была предложена ИТВР [1]. В результате экспериментального исследования были определены значения оптимального порога.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко В.В. Информационная теория восприятия речи // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2007. – Вып. 6. – С.3-9.
2. Кульбак С. Теория информации и статистика. – М.: Наука, 1967.
3. Савченко В.В. Автоматическая обработка речи по критерию минимума информационного рассогласования на основе метода обеляющего фильтра // Радиотехника и электроника. – 2005. – Т. 50. – № 3. – С.309-315.
4. Савченко В.В. Различение случайных сигналов в частотной области // Радиотехника и электроника. – 1997. – Т.42. – №4. – С. 426-431
5. Савченко В.В., Акатьев Д.Ю. Автоматическое распознавание речи по критерию минимального информационного рассогласования с переспросом // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2006. – Вып.1. – С. 20-29.
6. Савченко В.В. Автоматическое распознавание речи методом дерева на основе информационного $(R + 1)$ -элемента// Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2006. – Вып.4. – С. 13-22.
7. Савченко В.В., Акатьев Д.Ю., Шерстнев С.Н. Метод оптимального обучающего словаря в задаче распознавания речевых сигналов по критерию минимального информационного рассогласования // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2006. – Вып.5. – С. 10-14.
8. Савченко В.В., Акатьев Д.Ю., Карпов Н.В. Анализ фонетического состава речевых сигналов методом переопределенного дерева // Системы управления и информационные технологии. – 2.2(32). – 2008. – С.297-303.

Шурыгин Кирилл Сергеевич

Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А.Добролюбова, г.

Н.Новгород

Аспирант кафедры математики и информатики

Тел.:8-950-35-36-301 E-mail: kirill_82@mail.ru

А.В. СВЕТКИН

ЗАЩИТА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ САЙТАМИ

Производится обзор и анализ основных распространенных угроз информационной безопасности в Интернете, в частности уязвимостей систем управления сайтами, направленных на хищение персональных данных пользователей.

Ключевые слова: интернет; информационная безопасность; системы управления сайтами

A review of general Internet information security threats is performed. A particular study is made on content management systems exploits leading to users' identity theft.

Keywords: Internet; information security; content management systems.

ВВЕДЕНИЕ

Организация информационной безопасности — это все мероприятия, связанные с поддержанием конфиденциальности, целостности, доступности, аутентичности и достоверности информации или средств ее обработки.

В настоящее время понятие web- или интернет-сайта трактуется достаточно широко. Мы будем понимать под сайтом любую информационную систему, снабженную web-интерфейсом и доступную в Интернете. В организации информационной безопасности сайта, как и любой информационной системы, выделяются аспекты [2]: обеспечение доступности данных, защита данных от перехвата или модификации, защита данных от несанкционированного доступа.

Наличие сайтов в Интернете в первую очередь подразумевает их высокую доступность (высокую) готовность. Специальные аппаратные и программные комплексы позволяют получить доступность данных 99,99% времени и выше.

Для обеспечения защиты соединения используются специальные протоколы передачи данных. В Интернете используется протокол TLS/SSL¹, обеспечивающий шифрование на канальном уровне и поддерживаемый большинством браузеров [7].

Несанкционированный доступ к персональным данным — это большинство правонарушений в компьютерных сетях, которые приносят наибольший материальный ущерб. Сайты, агрегирующие большие объемы персональных данных (принадлежащие правительственным организациям, корпорациям, банкам и т.д.), находятся в зоне риска.

Специфической для Интернета угрозой информационной безопасности являются массовые рассылки нежелательных рекламных сообщений (спам). Для распространения спама начинают использоваться не только электронная почта или сервисы мгновенной доставки сообщений (instant messengers), но и сайты, на которых содержимое создается пользователями (блоги, форумы, социальные сети и т.д.).

Для оценки настоящего состояния информационной безопасности сайтов проведем анализ основных видов атак, методов защиты и обзор некоторых существующих решений по обеспечению защиты информации.

¹ Hyper Text Transfer Protocol посредством Transport Layer Security/Secure Socket Layer

ОБЪЕКТЫ АТАК В ИНТЕРНЕТЕ

Атаки на информационные ресурсы непрерывно изменяются, становясь все сложнее [10]. Любые сетевые решения в принципе являются уязвимыми, а в силу открытости своей идеологии Интернет предоставляет для злоумышленников значительно большую свободу по сравнению с традиционными информационными системами. Сайты привлекают значительную долю внимания нападающих [2,8]. Попытки атак имеют место со стороны как «скучающих хакеров», так и преступных организаций. Их цель — кража интеллектуальной собственности, персональных данных, нарушение работы системы, дискредитация владельцев сайта [10].

Рассмотрим основные схемы взаимодействия пользователей с сайтами и покажем, какие угрозы безопасности в них могут возникнуть.

Простейший вариант взаимодействия пользователя с сайтом представлен на рисунке 1. Обмен данных производится посредством сети провайдеров, обеспечивающих связность узлов Интернета.

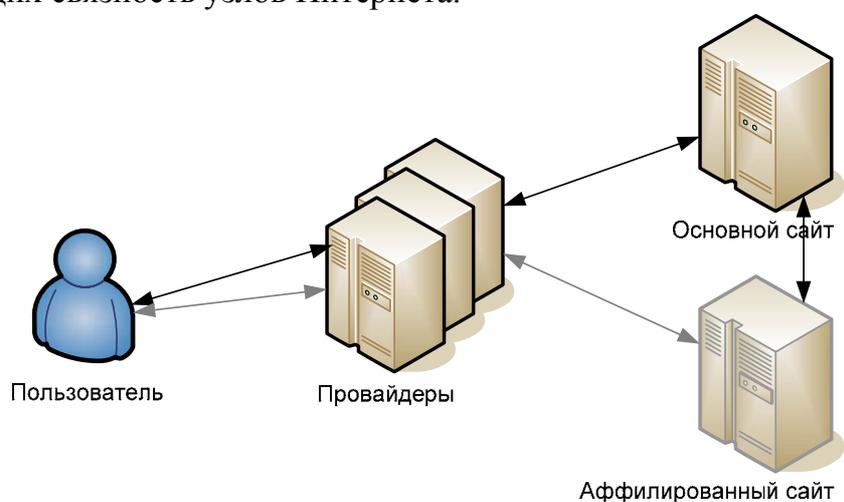


Рисунок 1 — Простейшая схема передачи данных

Все приведенные элементы требуют защиты от различного рода угроз:

- компьютер должен быть защищен от несанкционированного доступа, а пользователь информирован о правилах информационной безопасности;
- каналы передачи данных, а также оборудование провайдеров должны быть защищены от перехвата или изменения данных;
- система управления сайта должна обеспечивать защиту от несанкционированного доступа, администрация должна своевременно принимать меры по обеспечению безопасности.

Существует широкий выбор средств для обеспечения информационной защиты персональных компьютеров как для «домашнего» использования — это различные антивирусы, anti-malware (противодействующие вредоносному ПО) и anti-spyware (противодействующие шпионскому ПО) продукты.

Для корпоративных пользователей разработаны специальные DLP (Data Loss/Leak Prevention, защита от утечки данных) и HIP (Host Intrusion Prevention, защита от вторжения) системы. Примером подобной полнофункциональной системы служит Proventia от HP.

Сайты требуют более надежной системы защиты, объединяющей в себе функции традиционных систем контроля безопасности и специальных систем защиты веб-приложений.

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Персональные данные – любая информация о человеке, в том числе его фамилия, имя, отчество, дата и место рождения, адрес, семейное, социальное, имущественное положение, образование, профессия, доходы и другая. В информационных системах это понятие уточняется, и к персональным данным также относят пароли, электронные ключи для доступа к различным системам и т.д.

Для обеспечения конфиденциальности информации пользователей применяется политика ограничения доступа, базирующаяся на процедурах аутентификации и авторизации [1]. Аутентификация – это процесс подтверждения подлинности личности пользователя, а авторизация – проверка его уровня доступа. В большинстве систем эти процедуры объединены.

Наиболее распространенный метод аутентификации пользователей в Интернете – использование пары «имя пользователя – пароль» [2]. Этот метод прост в реализации, не требует эксплуатации дополнительного оборудования или программного обеспечения.

У метода парольной аутентификации выделяют следующие недостатки:

- для хранения паролей необходима система защиты;
- простые пароли (слишком короткие, состоящие из распространенных слов) могут быть легко подобраны злоумышленником;
- пароли могут быть легко похищены обманным путем у неопытных пользователей (атака типа «фишинг»).

С приведенными недостатками можно достаточно эффективно бороться техническими и организационными мерами. Во-первых, пароли нигде не должны храниться в «открытом» виде, вместо них должны сохраняться взятые от них хэш-функции. Аутентификация производится путем сравнения сохраненного хэша с результатом хэширования присланного пароля пользователя. Такая мера безопасности защищает учетные записи пользователей от хищения базы данных сайта, но для безопасной передачи пароля необходимо использовать защищенный протокол передачи данных.

Также необходимо выполнять предварительную проверку паролей пользователей, не допуская использование коротких или простых паролей. Обычно достаточно сложным для подбора считается пароль, состоящий из 6-8 или более букв различного регистра и цифр, расставленных поочередно.

Кроме того, пользователей сайта необходимо информировать о том, что нельзя передавать свой пароль кому бы то ни было, вводить и использовать этот же пароль на других сайтах.

НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Наиболее распространенное правонарушение в сфере информационной безопасности – нарушение конфиденциальности или похищение личных данных (identity theft) – обычно осуществляется следующими путями.

— Злоумышленник получает доступ к персональным данным непосредственно от пользователя. Для этого могут использоваться:

- специальные программы, скрытно устанавливающиеся на компьютер пользователя и передающие данные;
- приемы мошенничества, введение пользователя в заблуждение;
- комбинация этих средств.

— Злоумышленник использует уязвимость защиты системы управления сайта и получает доступ к персональным данным одного или многих пользователей.

ФИШИНГ

Хищение обманным путем паролей пользователей (или других реквизитов аутентификации) называется фишингом (phishing). Термин произошел от слов fishing (ловить на удочку) и phreaking (взлом компьютерных сетей). Это вид интернет-мошенничества, основанный на незнании пользователями элементарных правил информационной безопасности. Атака может происходить по одной из следующих схем:

— рассылка писем пользователям сайта от имени администрации с просьбой указать пароль для якобы «восстановления доступа к системе»;

— аналогичная рассылка, но в письме предлагается пройти по ссылке, ведущей на поддельный сайт (сайт, внешне не отличающийся от оригинала, но располагающийся по другому адресу), на котором пользователю предлагается ввести пароль.

Объектами атаки могут стать не только рядовые пользователи, но и служба технической поддержки какой-либо компании. В этом случае злоумышленники представляются пользователями и просят восстановить «забытый» пароль. Нередко целью атаки являются не пароли, а реквизиты платежных систем, номера кредитных карт и т.д.

Мерой борьбы с фишингом является информирование пользователей об основных правилах информационной безопасности: никому не передавать свои пароли, внимательно относиться к посещаемым сайтам, использовать актуальное защитное программное обеспечение и т.д. [6].

Из технических средств борьбы с фишингом на сегодняшний день существуют базы данных поддельных сайтов: PhishTank, разработка от Google и некоторые другие. Большинство популярных браузеров (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Safari [7]) использует информацию этих баз данных для защиты пользователя от передачи данных на фишинговые сайты.

Для отсеивания рассылок фишеров используются приемы, аналогичные борьбе со спамом. Почтовые Службы Google Mail, Yahoo! Mail проводят проверку почтовых сообщений на угрозу фишинга, этими же функциями обладают почтовые клиенты Outlook Express (Windows Mail в Windows Vista), Mozilla Thunderbird (в ряде случаев, с использованием дополнительных программ-фильтров K9-Filter, SpamPal, Spamihilator и др.), а также многие популярные антивирусы [9,25].

ФАРМИНГ

Фарминг (pharming) — скрытый вариант фишинга с использованием заражения кэша DNS (cache poisoning). В этом случае специальная программа подменяет данные об адресах сайтов на сервере провайдера либо на компьютере пользователя. Такой прием позволяет сделать доступным поддельный сайт под точным доменным именем настоящего, что увеличивает угрозу безопасности пользователя. Браузеры и антивирусы могут противодействовать фармингу, сверяясь с независимыми серверами DNS.

Значительно более опасное проявление фарминга заключается в заражении кэша DNS на оборудовании интернет-провайдеров. Такая атака поражает всех клиентов провайдера, и её сложнее обнаружить со стороны пользователя.

ПОДБОР ПАРОЛЯ ОГРАНИЧЕННЫМ ПЕРЕБОРОМ

Подбор пароля ограниченным перебором — техника поиска подходящего пароля к учетной записи пользователя путем переборов некоторого ограниченного набора вариантов (с использованием словаря и правил комбинирования символов). Поскольку значительное количество пользователей популярных сайтов используют слабые пароли, возможен успешный подбор пароля для 5-10% пользователей. Для проведения такой атаки необходимо получить список имен пользователей системы, что обычно не составляет проблемы на форумах, блогах и в социальных сетях.

Подбор паролей осуществляется с широким использованием автоматизированных систем — непосредственно для создания списка «популярных» паролей из словаря, для сбора имен пользователей с сайта и для попыток пройти аутентификацию для всего собранного списка пользователей. Существует большое количество подобных программ, наиболее распространенные — John the Ripper², THC Hydra³.

Подбор пароля может использоваться как для хищения конфиденциальной информации определенного пользователя, так и для получения контроля над учетными записями как можно большего количества пользователей системы. Множество учетных записей, подконтрольных злоумышленнику, могут быть использованы для деградации работы сервиса, для рассылки спама и т.д.

Серьезной преградой к подбору паролей является ограничение количества попыток ввода неправильного пароля в единицу времени, блокирование запросов с адреса злоумышленника после некоторого количества неправильных попыток.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ДЕФЕКТОВ

Несанкционированный доступ к персональным данным может быть получен путем использования дефектов системы управления сайтом. Злоумышленник может обнаружить пригодный для использования дефект двумя способами:

- анализом внешнего поведения системы на основе понимания принципа её работы (без доступа к исходному коду);
- анализом исходного кода системы (для программ с открытым исходным кодом или в случае несанкционированного получения доступа к коду).

Популярные системы управления с открытым исходным кодом постоянно анализируются на наличие дефектов. В случае обнаружения, отчет о существующей ошибке появляется в открытом доступе и может быть использован злоумышленником для атаки на все работающие экземпляры системы тех версий, в которых дефект еще не исправлен. Поскольку в 70%-90% случаев администраторы систем не производят немедленного обновления версии, атака может пройти успешно на очень большом количестве сайтов. Нахождение сайтов, использующих определенную версию ПО, возможен при помощи поисковых систем.

Выделяются следующие типы дефектов [5].

- Недостаточный контроль доступа. Ошибки в процедурах аутентификации и авторизации, некорректная обработка привилегии пользователей.
- Недостаточная фильтрация пользовательского ввода. Ошибки процедуры проверки вводимых пользователем данных:

² <http://www.openwall.com/john/>

³ <http://freeworld.thc.org/thc-hydra/>

- недостаточный контроль выполнения кода, генерируемого в процессе выполнения;
- недостаточный контроль структуры и данных SQL запросов;
- недостаточный контроль выполнения команд ОС.
- Недостаточная фильтрация (экранирование) вывода:
 - вывод управляющих, служебных последовательностей символов;
 - передача важных данных или команд открытым текстом.
- Утечка информации через сообщения об ошибках. Слишком информативные сообщения об ошибках.
- Выполнение с избыточными привилегиями. Выполнения программы с правами супер-пользователя без необходимости.

Все приведенные типы программных ошибок угрожают безопасности персональных данных пользователя, несмотря на то, что только один тип дефекта непосредственно связан с контролем доступа.

Своевременное исправление программных дефектов является обязанностью администратора или разработчика системы. Для автоматизации и упрощения поиска уязвимостей на сайте может применяться специальное программное обеспечение, например, программы ModSecurity, Acunetix Web Vulnerability Scanner, Watchfire AppScan, Nailstorm, WebInspect [8].

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПАМА

Спам – это массовая рассылка коммерческой, политической и иной рекламы или иного вида сообщений людям, не выразившим желания их получать. Доля спама в общем трафике электронной почты составляет около 80-92% [4]. Начинает набирать популярность распространение спама через сайты, на которых пользователям разрешена публикация материалов, моментально попадающих в публичный доступ. Обычно таким способом распространяется т.н. SEO-спам (search engine optimization spam, «ссылочный спам»). Это особый вид спама, предназначенный исключительно для поисковых систем. Спамерское сообщение содержит ссылки на рекламируемые сайты, которые таким образом повышают свой рейтинг в поисковых системах.

Спам несет непосредственную угрозу безопасности сайта – функциональность системы не нарушается, но размещение ненужной, «мусорной» информации затрудняет работу пользователей. Кроме того, из-за большого количества размещенного SEO-спама поисковые системы могут поместить сайт в «черный список» (что чаще всего отрицательно сказывается на посещаемости и популярности).

Для борьбы со спамом применяются следующие методики:

- ручная фильтрация (модерирование). Материалы, отправляемые пользователем проверяются до публикации или через некоторый промежуток времени после. Спам удаляется в зависимости от политики модерирования, могут удаляться остальные сообщения пользователя, может блокироваться его доступ. Этот способ отличается очень высоким качеством фильтрации, но и большой трудоемкостью;

- автоматическая фильтрация по ключевым словам. Сообщения, содержащие спам, анализируются, составляется список употребляемых в них слов или словосочетаний. Сообщения, содержащие отобранные слова, удаляются. Гораздо менее трудоемкий способ, но вместе со спамом могут быть удалены нормальные сообщения.

Для массового размещения спама применяются специальные автоматические программные средства.

ЗАЩИТА ОТ ДЕЙСТВИЙ РОБОТОВ

Как уже было упомянуто, при проведении атак на сайты широко используются автоматизированные системы или роботы («боты»). Робот является специализированной программой, эмулирующей с необходимыми допущениями действия пользователей, например: регистрация на сайте, написание сообщений и т.п. Множество работающих экземпляров такой программы способны в короткий промежуток времени поражать сайты, не обеспеченные достаточной защитой.

Наиболее распространенным способом борьбы с роботами в настоящее время являются автоматические тесты Тьюринга, призванные отличить человека от робота (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart или сокращенно CAPTCHA). Такой тест проводится в диалоговом режиме и подразумевает, что человек в отличие от компьютерной системы сможет дать на него определенный (заранее известный системе) ответ.

В современных CAPTCHA активно используются слабые места роботов, в частности, распознавание графических образов (например, искаженного текста), ассоциативное мышление, «здравый смысл» и т.д.



Рисунок 2 — примеры CAPTCHA

а) CAPTCHA на сайте habrahabr.ru б) CAPTCHA на сайте drupal.ru

Большинство роботов не способны производить сложную интерпретацию кода страниц сайта, доступную браузерам, и это используется при составлении CAPTCHA на основе CSS, JavaScript, Adobe Flash.

Поскольку большинство роботов разрабатывается для атак на массово распространенные системы управления сайтами, то они имеют очень жесткий алгоритм выполнения действий. Достаточно внесения незначительных изменений (например, изменений стандартных имен полей формы отправки сообщения), и робот не сможет выполнить заданную программу. Разумеется, такой метод «защиты» бесполезен против робота, направленного на атаку конкретного сайта.

Многие сайты реализуют собственные алгоритмы CAPTCHA, но существуют сервисы, предоставляющие CAPTCHA для сайтов, например, reCAPTCHA⁴.

Недостаток применения CAPTCHA – неудобства, которые такие тесты могут создавать для пользователей:

— пользователи, использующие текстовые, устаревшие, нестандартные браузеры не смогут получить графическое изображение, выполнить код JavaScript, отобразить объект Adobe Flash;

— тест может оказаться слишком сложным или невыполнимым для некоторых пользователей (чрезмерно искаженный текст на изображении и т.д.).

⁴ <http://www.captcha.net> (официальный сайт), <http://recaptcha.ru> (русскоязычный сайт)

Необходимо учитывать, что САРТСНА не может гарантировать полной защиты от роботов. Для слишком слабого теста может быть разработана программа, способная давать на него правильный ответ с требуемой вероятностью. В остальных случаях для прохождения может привлекаться человеческая сила.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С расширением и развитием Интернета, появляются новые угрозы информационной безопасности. Анализ текущего состояния показывает, что современные системы защиты способны обеспечить нормальное функционирование сетевой инфраструктуры, но не могут эффективно противостоять атакам, направленным на сайты и веб-приложения. На руку злоумышленникам играют низкий уровень знания информационной безопасности у пользователей, порядок обеспечения безопасности сайтов «по остаточному принципу» среди разработчиков.

Разрозненные средства защиты данных в локальных вычислительных сетях объединились в современные DLP и HIP системы. Также стоит ожидать интеграции средств защиты от фишинга, спама, роботов в защитные комплексы для Интернета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А.В., Шаньгин В.Ф. Защита информации в распределенных корпоративных сетях и системах. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 656 с.
2. Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях; [под ред. В.Ф. Шаньгина]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2001. – 376 с.: ил.
3. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: учеб. пособие. – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2008. – 416 с.: ил.
4. И.А. Николаев, М.В. Титова. Спам: экономические потери. – М.: РКФ, 2008. – 15 с.
5. Низамутдинов М.Ф. Тактика защиты и нападения на Web-приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 432 с.: ил.
6. Ховард М., Лебланк Д. Защищенный код / пер. с англ. – 2-е изд., испр. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2004. – 704 с.: ил.
7. Энди Ченнел. Web-браузеры. Сравнение // Linux Format – 2008. – вып. 12(112) – с. 18-22.
8. Яремчук С. Как повысить безопасность веб-приложений // Системный администратор. – 2006. – №2 (39). – с.60-64.
9. Мокрецов А. Тест комплексных пакетов защиты компьютера // Chip. – 2009. – №1(2009). – с. 86-90.
10. Джонсон Дж. Продуманная защита // Сети и системы связи. – 2008. –, №13.

Светкин Александр Васильевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Аспирант кафедры «Информационные системы»

Тел. 8-920-287-88-46

E-mail: alex@svetkin.ru

О.В. ОЗАРЕНКО, В.И. РАКОВ

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ВНЕПРОТОКОЛЬНЫХ ПРЕРЫВАНИЙ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Предложена методика обнаружения и коррекции внепротокольных прерываний за счет формирования времени логического пути и назначения приоритетов процессам.

Ключевые слова: *прикладной уровень; протокол информационного обмена; ошибки протоколов; коррекция внепротокольных прерываний; время логического пути.*

Methods of detection and correction not protocol interruptions were considered in this article.

Keywords: *applied level; report of an information exchange; error of reports; correction of extralegal interruptions; time of a logic way.*

В настоящее время повышение эффективности производства промышленных предприятий серийного и массового характера осуществляют, как правило, за счет повышения качества обслуживания (Quality of Service – QoS) процессов информационного обмена (ИО) в сетях передачи данных [1,2]. Качество обслуживания оценивается разными показателями [3], из которых часто используемыми являются:

- вероятность возникновения ошибки в процессе передачи данных;
- задержка при передаче сообщения;
- количество данных, потерянных во время передачи.

Принято считать, что существенное влияние на эти показатели оказывают протокольные прерывания, описанные разработчиками протокола. Однако объединение множества источников данных приводит к необходимости постоянного анализа структуры сети, выявлению прерываний нормального функционирования протоколов, на что значительное влияние оказывают не столько протокольные прерывания, сколько внепротокольные, вызванные нарушениями нормального функционирования работы протокола, не описанными в его спецификации [4]. Поэтому решение вопросов создания методик обнаружения внепротокольных прерываний в сетях передачи данных является актуальным.

Исходя из идеи о необходимости восстановления процессов информационного обмена после сбоя (проф. Еременко В.Т., 2000) в предложенной работе сделана попытка формулирования методики восстановления процессов информационного обмена посредством обнаружения внепротокольных прерываний и коррекции условий, при которых оказывается невозможным повторение события внепротокольного прерывания.

ОБНАРУЖЕНИЕ ВНЕПРОТОКОЛЬНЫХ ПРЕРЫВАНИЙ

Как было ранее установлено [5], выделяются два вида внепротокольных прерываний: столкновение и неопределенность. Столкновения возникают вследствие инициализации разными процессами одной и той же операции для реализации на

одном ресурсе, что может привести к нарушению в работе протокола ввиду отсутствия в нем правил описания очередности обработки процессов.

Неопределённость вызывается в некоторой степени конфликтом между различными последовательностями операций одного и того же процесса. Данный вид прерывания возникает, когда у процесса существуют несколько различных последовательностей операций, ведущих к одному и тому же состоянию. Например, выбор между установлением связи после сбоя и установлением нового соединения.

Пусть:

S – множество состояний процессов информационного обмена (ожидание приема сообщения, ожидание передачи сообщения и т.п.);

P – множество процессов, связанных с переходами между состояниями;

Q_{p_i} – множество приоритетов, которое задает степень важности и очередность выполнения операций при столкновении процессов;

T_{p_i} – множество операций, управляющих воздействием на процессы;

R_{p_i} – множество операций воздействия процесса P_i на процесс P_j ;

G_{p_j} – множество исходных состояний для операций R_{p_i} ;

e – множество элементарных операций, выполняемых процессами информационного обмена P (передача сообщений, прием сообщений и т.п.).

Предварительно формируются начальные условия для определения нормального режима функционирования сети передачи данных (рисунок 1) [6].

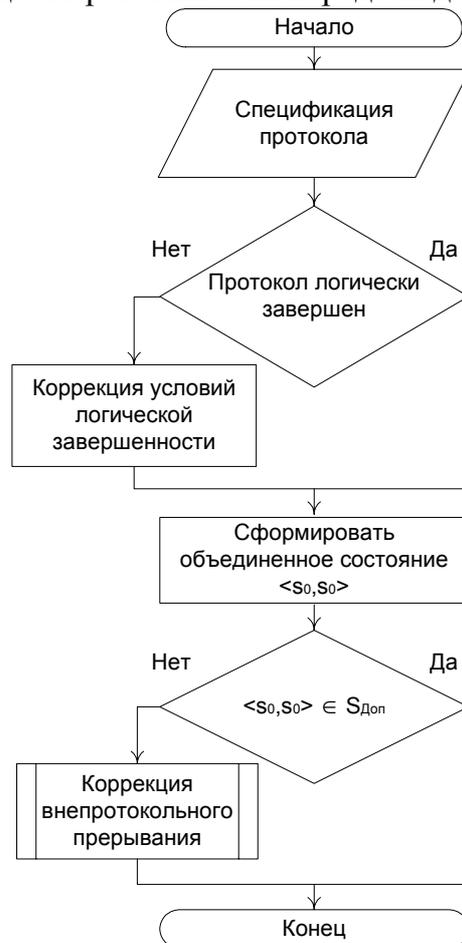


Рисунок 1 – Определение спецификации протокола, соответствующей нормальному режиму эксплуатации, где s_0 – начальное состояние процессов информационного обмена, $S_{доп}$ – множество допустимых состояний

Два множества $G p_1 (s, e')$ и $R p_2 (s)$ называются логически завершенными при выполнении следующих условий для пары состояний $s_1 \in S p_1$ и $s_2 \in S p_2$:

- если $s_2 \in G p_1 (s, e')$, то операция e' должна принадлежать множеству $R p_2 (s_2)$;
- если $s_1 \in G p_2 (s, e')$, то операция e' должна принадлежать множеству $R p_1 (s_1)$.

Протокол информационного обмена C' будем считать логически завершенным, если все состояния и переходы удовлетворяют условиям, описанным выше. Отсюда вытекают условия логической завершенности протокола, проверяемые путем анализа любых пар множеств $R p_i (s_i)$ и $G p_j (s, e')$:

Исходное условие	Результат
$s_i \in G p_i (s, e')$	$e' \in R p_i (s_i)$
$s_j \in G p_j (s, e')$	$e' \in R p_j (s_j)$

Если протокол C' является логически завершенным, то некоторое объединенное состояние $\langle s_i, s_j \rangle$, где $s_i \in S' p_i$ и $s_j \in S' p_j$, называется допустимым ($\langle s_i, s_j \rangle \in S_{Don}$), если имеют силу следующего соотношения:

Исходное условие	Результат
$\forall e' \in T p_i (s_i)$	$s_i \in G p_i (s, e')$
$\forall e' \in T p_j (s_j)$	$s_j \in G p_j (s, e')$

После формулирования начальных условий формируются и проверяется допустимость объединенных состояний (рисунок 2). Здесь осуществляется последовательный перебор операций e' . Если в описании процесса P_1 имеется дуга $S_\mu \Rightarrow S_\nu$, помеченная операцией e_i и в описании процесса P_2 имеется дуга $S_\nu \Rightarrow S_\eta$, помеченная операцией e_j , то добавить $\langle S_\nu, S_\eta \rangle$, если это объединенное состояние не было ранее зафиксировано. Далее происходит проверка на допустимость объединенного состояния.

Затем (рисунок 3) определяется логическое время пути τ , как число переходов процесса при следовании его из корня дерева. Характеристика τ присваивается любой операции e' , выполняемой конкретным процессом P_i . Если другие процессы получают сведения об операции e' , то им, следовательно, становится известным факт прохождения удаленного процесса через ту или иную вершину на определенном расстоянии от корня, выраженном величиной размерности τ .

Внепротокольное прерывание обнаруживается при сопоставлении состояния протокола для процесса P_i в известный момент τ логического времени с аналогичными состояниями протокола, соответствующими другим процессам при том же τ . Внепротокольные прерывания могут иметь место, если только параллельные процессы исходят из общей вершины при фиксированном τ . Совпадение некоторых состояний в путях, отвечающих сочетаниям отдельных процессов, не приводят к внепротокольным прерываниям, если это совпадение происходит при различных величинах τ .

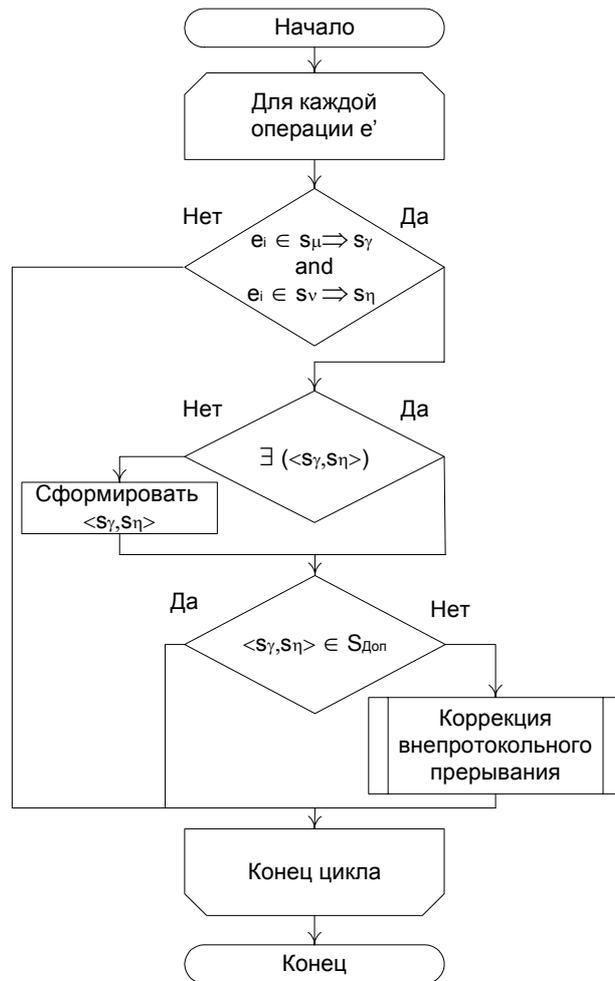


Рисунок 2 – Формирование и проверка допустимости объединенных состояний

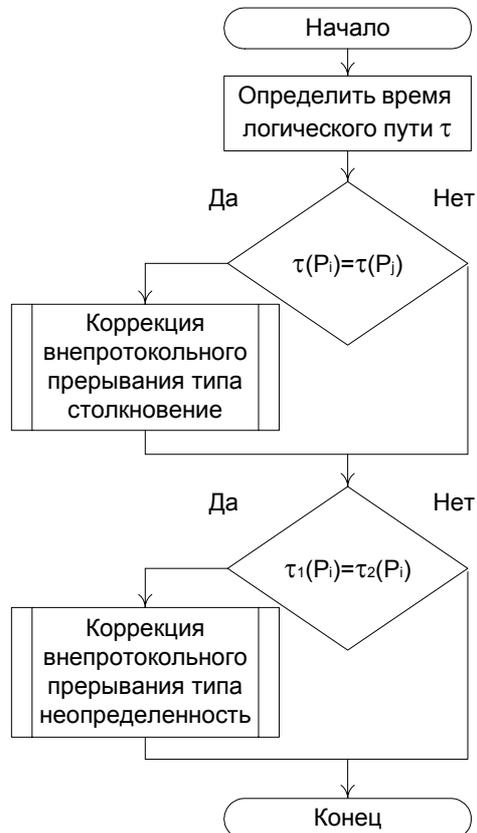


Рисунок 3 – Формирование процедуры фиксации времени логического пути

КОРРЕКЦИЯ УСЛОВИЙ

Коррекции условий, при которых оказывается невозможным повторение события внепротокольного прерывания (рисунок 4).

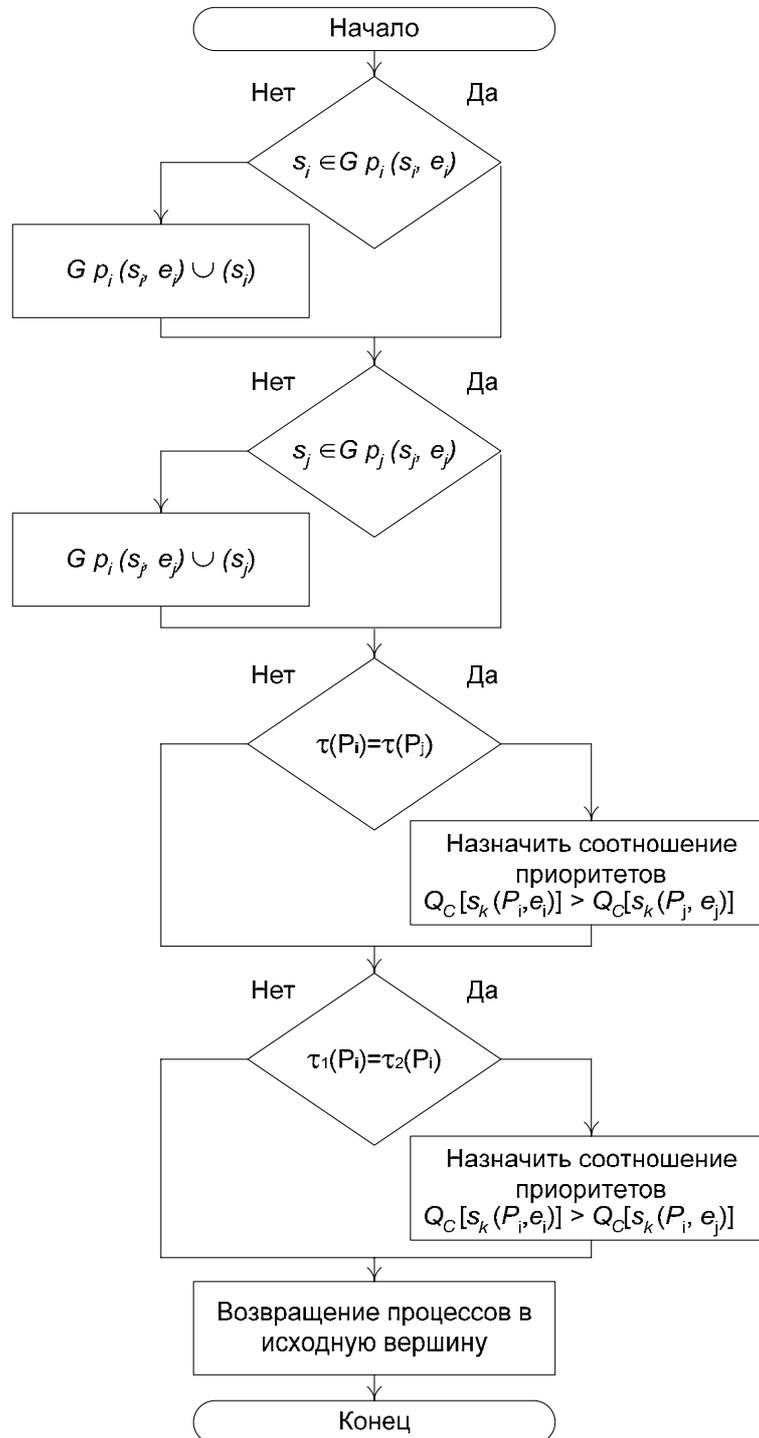


Рисунок 4 – Восстановление процессов информационного обмена

Объединенное состояние $\langle s_i, s_j \rangle$ проверяется на допустимость и недопустимое состояние корректируется.

Применительно к каждому состоянию $s_f \in S$ протокола C' вводится соотношение приоритетов:

$$Q_{C'}[s_f(P_i, e_i)] < Q_{C'}[s_f(P_j, e_j)]$$

для исходных процессов P_i, P_j при условии, что возможные переходы связаны с выполнением операций соответственно e_i, e_j .

Данное соотношение задает степень важности и очередность выполнения операций при столкновении процессов. Предположим, что при движении процессов P_1 и P_2 , имеет место соотношение приоритетов:

$$Q_C[s_0(P_2, e_2)] > Q_C[s_0(P_1, e_1)]$$

Тогда, при условии, что столкновение процессов в вершине с логическим временем τ_0 обнаружено, процедура возвращает процессы в заданную вершину.

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ

На основании предложенного выше порядка обнаружения внепротокольных прерываний и коррекции условий, при которых оказывается невозможным повторение события внепротокольного прерывания, можно представить схему обнаружения и коррекции внепротокольных прерываний в сетях передачи данных в следующем виде (рисунок 5).

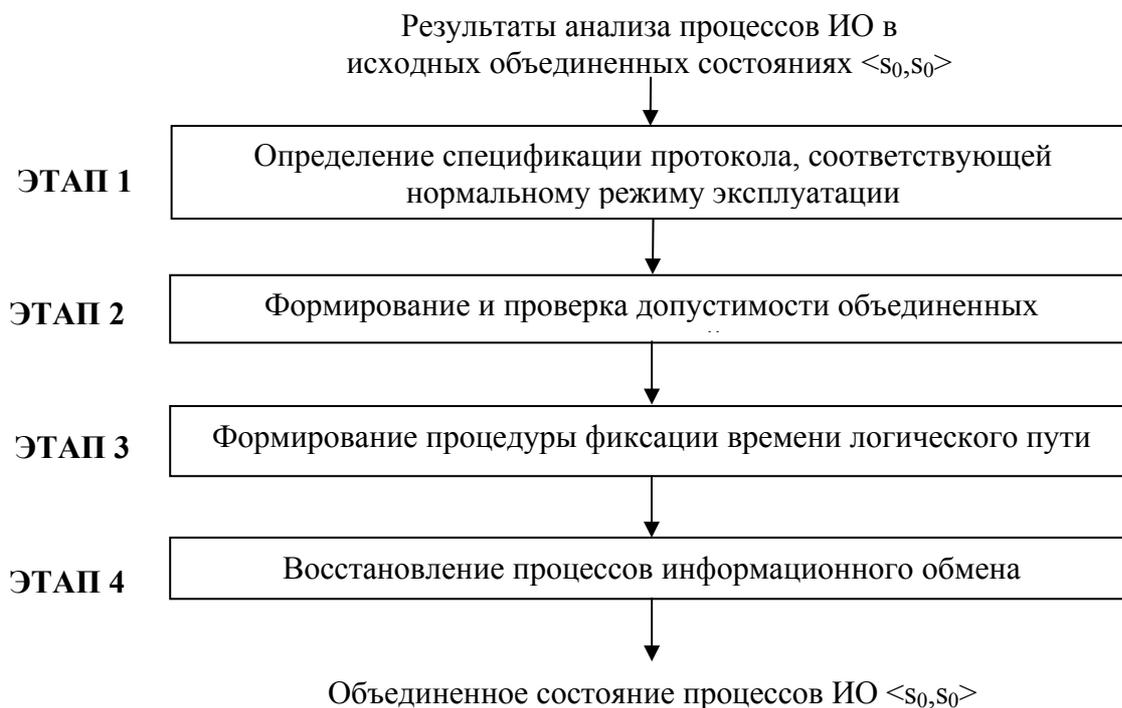


Рисунок 5 – Схема обнаружения и коррекции внепротокольных прерываний в сетях передачи данных

Методика состоит из последовательного исполнения этапов 1-4. Каждый этап представляет собой процедуру, в реализации которой для принятия адекватных решений по восстановлению процессов информационного обмена может принимать участие человек, эксплуатирующий и контролирующий качество процессов ИО в сетях передачи данных:

- на первом этапе человек может изменять условия логической завершенности протокола (рисунок 1);
- на втором этапе человек может изменять сформированные объединенные состояния (рисунок 2);
- на третьем этапе человек может изменять время логического пути τ (рисунок 3);
- на четвертом этапе человек может изменять соотношения приоритетов (рисунок 4).

Построенная таким образом методика приводит к двум принципиально разным подходам к её реализации: сугубо формальному и интерактивному. Предварительный анализ показывает, что первый подход будет обладать эффективностью при условии редких событий возникновения внепротокольных прерываний и «быстрой» настройки параметров обнаружения и коррекции. При этом количество блокировок (приостановок) процессов ИО будет минимальным.

Второй подход обладает преимуществами гибкой настройки параметров обнаружения и коррекции под условия информационной среды, в которой развиваются информационные процессы (массовое проявление внепротокольных прерываний (с заранее неизвестным законом распределения), ненадежные узлы связи (источники и приемники процессов информационного обмена), неоднородные системы коммуникации и пр.).

ВЫВОДЫ

1. Предложенная методика позволяет обнаружить в процессе эксплуатации внепротокольные прерывания и восстановить процессы информационного обмена на основе информации о текущем состоянии сети передачи данных.

2. Представленная методика обуславливает создание гибкой настройки параметров обнаружения и коррекции под реальные условия эксплуатации.

3. Описанная методика ориентирована на восстановление процессов информационного обмена на прикладном уровне в сетях передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульгин М. Технология корпоративных сетей: энциклопедия. – СПб.: Издательство «Питер», 1999. – 704 с.
2. Мардас О.А. Информационное обеспечение автоматизированных систем управления качеством продукции промышленных предприятий: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2005. – 210 с.
3. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: <http://www.en.wikipedia.org/wiki/QoS>.
4. Еременко В.Т. Концепция обнаружения и коррекции логических ошибок в реализациях профилей протоколов безопасности // Телекоммуникации. – 2003. – № 8. – С. 30–35.
5. Озаренко О.В. Модели и алгоритмы анализа логических ошибок в протоколах информационного обмена / А.В. Еременко, В.Т. Еременко, О.В. Озаренко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2006 г. – С. 205-214.
6. Озаренко О.В. Методика анализа возникновения логических ошибок в реализациях протоколов информационного обмена / А.В. Еременко, В.Т. Еременко, О.В. Озаренко // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника»: Труды участников V Международной электронной научно-технической конференции «Технологическая системотехника – 2006» – Вып. 8. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 106-115.

Раков Владимир Иванович

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Профессор кафедры «Информационные системы», доктор технических наук

Тел.: (4862) 76 19 10

E-mail: rakov2000@hotmail.ru

Озаренко Олег Викторович

Аспирант кафедры информационных систем

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Тел.: (4862)43-32-02

E-mail: ozarenko@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу иверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится:

Рисунок 1 – Текст подписи

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.ostu.ru.

Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.

Адрес редакции:

Орловский государственный технический университет
302020,
г. Орел, Наугорское шоссе, 40
(4862) 43-40-39; www.ostu.ru;
E-mail: isit@ostu.ru

Технический редактор Г.А. Константинова
Корректор Г.А. Константинова
Компьютерная верстка А.И. Колонистова

Сдано в набор 2.03. 2009 г.
Подписано в печать 12.03.2009 г.
Формат 70x108 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,1.
Тираж 300 экз.
Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.