

№ 10 (50) 2008
Выпуск 8/1
НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

Журнал входит
в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий,
выпускаемых в Российской Федерации,
в которых рекомендуется публикация
основных результатов диссертаций
на соискание ученых степеней
доктора и кандидата наук

Учредитель:

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет»

Издатель:

Белгородский государственный университет.
Издательство БелГУ

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-21121 от 19 мая 2005 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

Дятченко Л.Я.
ректор Белгородского государственного университета,
доктор социологических наук, профессор

Зам. главного редактора

Давыденко Т.М.
проректор по научной работе Белгородского государственного университета, доктор педагогических наук, профессор

Ответственный секретарь

Московкин В.М.
заместитель по инновационной деятельности проректора по научной работе Белгородского государственного университета, профессор кафедры мировой экономики, доктор географических наук

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Председатель редколлегии

Дятченко Л.Я.
ректор Белгородского государственного университета,
доктор социологических наук, профессор

Главный редактор

Шатовалов В.А.
доктор исторических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Заместители главного редактора

Жиляков Е.Г.
доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Ломовцева О.А.

доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Шатохин И.Т.

кандидат исторических наук, доцент (Белгородский государственный университет)

Шилов В.Н.

доктор философских наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Ответственный секретарь

Колесникова В.Л.

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета

История. Политология. Экономика.
Информатика

Belgorod State University
Scientific bulletin

History Political science Economy
Information technology

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Применение вариационных алгоритмов интерполяции и оценки первой производной для некоторых аспектов обработки изображений. **Т.Н. Созонова, Н.С. Титова, Н.В. Щербинина** 5

Моделирование акустического эффекта взаимодействия релятивистских электронов с круглой ограниченной пластиной. **С.Н. Немцев, С.В. Блажевич, М.Н. Бекназаров** 13

Применение метода сингулярных интегральных уравнений к задачам аэродинамики вентиляции. **О.А. Аверкова, А.Н. Закутский, В.Ю. Зоря, К.И. Логачев, И.В. Михайлов, Л.А. Михайлова** 19

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

Использование информационных технологий формирования модели производственной программы предприятия. **П.С. Абрамов, В.П. Клочков, С.М. Чудинов** 29

Формализация системно-объектных визуальных моделей сервисной службы телерадио сети. **С.Н. Трубицин, С.И. Маторин, О.А. Зимовец, А.Г. Жихарев** 39

Об автоматической классификации объектов и распознавании образов с использованием весов признаков и репрезентативностей классов. **Е.М. Маматов** 48

Средства имитационного моделирования для реинжиниринга бизнес-процессов. **Я.Г. Великая, Т.В. Зайцева** 58

Об использовании метода парных сравнений при принятии решений при оценивании уровня профессиональных компетенций обучаемых. **Е.Г. Жиляков, С.В. Игрунова, С.Н. Девицына, Н.П. Путивцева, С.В. Мединцева, Ю.Г. Чащин** 65

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Об аппаратной поддержке цифровой обработки звуковых сигналов. **В.В. Муромцев, В.А. Голоцатова** 74

кандидат исторических наук
(Белгородский государственный университет)

Члены редколлегии

Абрамзон М.Г., доктор исторических наук, профессор (Магнитогорский государственный университет)

Амоша А.И., доктор экономических наук, профессор, академик НАН Украины (Институт экономики промышленности НАН Украины, г. Донецк)

Болгов Н.Н., доктор исторических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Глухова А.В., доктор политических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

Давнис В.В., доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

Дмитренко В.Д., доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ»)

Зубарь В.М., доктор исторических наук, профессор (Институт археологии Национальной академии наук Украины)

Капалин В.И., доктор технических наук, профессор (Московский государственный институт электроники и математики (технический университет))

Корсунов Н.И., заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

Литовка О.П., доктор географических наук, профессор (Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург)

Лобанов К.Н., доктор политических наук, доцент (Белгородский юридический институт МВД России)

Лялин В.Е., доктор экономических наук, профессор, (Ижевский государственный технический университет)

Маторин С.И., доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Матросова Л.Н., доктор экономических наук, профессор (Луганский национальный педагогический университет им. Т. Шевченко)

Молев Е.А., доктор исторических наук, профессор (Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Нустратуллин В.К., доктор экономических наук, профессор (Башкирский государственный аграрный университет)

Павлов К.В., доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Пушкарева И.М., доктор исторических наук, старший научный сотрудник (Институт российской истории Российской академии наук)

Рубанов В. Г., заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

Флигинских Т.Н., доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

Шихвердиев А.П., доктор экономических наук, профессор (Сыктывкарский государственный университет)

Щагин Э.М., доктор исторических наук, профессор (Московский педагогический государственный университет)

Оригинал-макет *Н.С. Титова, И.В. Берлина*

E-mail: NTitova@bsu.edu.ru

Подписано в печать 05.12.2008

Формат 60×84/8

Гарнитура Georgia, Impact

Усл. п. л. 12,91

Тираж 1000 экз.

Заказ 337

Подписные индексы в каталоге агентства

«Роспечать» – 18078,

в объединенном каталоге

«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован

в издательстве Белгородского

государственного университета

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Системотехнические решения формирования методов предоставления инфо-коммутиционных услуг региональными службами регистрации. **Н.Н. Тютин, И.М. Успенский, О.Н. Чванин** 79

О различиях частотных свойств информационных и неинформационных звуковых сигналов речевого диапазона. **С.П. Белов, А.С. Белов** 86

Цифровое кодирование клипированной речи с сохранением разборчивости и узнаваемости диктора. **Е.И. Прохоренко, И.А. Сидоренко, А.В. Болдышев** 94

О новом методе сжатия музыкальных файлов. **И.И. Чижов** 100

Сведения об авторах 105

Информация для авторов

№ 10 (50) 2008
Issue 8/1

SCIENTIFIC REVIEWING JOURNAL

**BELGOROD STATE UNIVERSITY SCIENTIFIC
BULLETIN**

**History Political science Economy
Information technology**

Founded in 1995

**Series "History Political science Economy
Information technology"**

Founder:

State educational establishment of higher professional education "Belgorod State University"

Publisher:

Belgorod State University
BSU Publishing house

The journal is registered in Federal service of control over law compliance in the sphere of mass media and protection of cultural heritage

Certificate of registration of mass media ПИ
№ ФС 77-21121 May, 19 2008.

Editorial board of journal

Chief editor:

L. J. Djatchenko

Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Deputy of chief editor:

T. M. Davydenko

Vice-rector for scientific research of Belgorod state university, doctor of pedagogical sciences, professor

Responsible secretary:

V. M. Moskovkin

Doctor of geographical sciences, professor of world economy department

Editorial board of journal series

Chairman of editorial series:

L. J. Djatchenko

Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Chief editor:

V. A. Shapovalov

Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)

Deputies of chief editor:

E. G. Zhilyakov

Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)

O. A. Lomovtseva

Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)

I. T. Shatohin

Candidate of historical sciences, Associate professor (Belgorod State University)

V. N. Shilov

Doctor of philosophical sciences, Professor (Belgorod State University)

Responsible secretary:

V. L. Kolesnikova

Candidate of historical sciences (Belgorod State University)

Members of editorial board:

M. G. Abramzon, Doctor of historical sciences, Professor (Magnitogorsk State University)
Professor, Academician of Ukrainian National Academy of Sciences (Institute of economy of industry of Ukrainian National Academy of Sciences, Donetsk)

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL METHODS

Variational Algorithms of the Interpolation and the Estimation of the First Derived for Image Processing. **T. N. Sozonova, N. S. Titova, N. V. Shcherbinina** 5

The Modeling Acoustics Effect Arising From Interaction Between Relativistic Electrons and Circular Limited Plate. **S. N. Nemtsev, S. V. Blazhevich, M. N. Beknazarov** 13

Application of a Method the Integrated Equations to Tasks of Aerodynamics of Ventilation. **O. A. Averkova, A. N. Zakutskij, V. U. Zorya, K. I. Logachev, I. V. Mixajlov, L. A. Mixajlov** 19

SYSTEM ANALYSIS AND MANAGEMENT

Use of Information Technologies of Formation of Model of the Industrial Program of the Enterprise. **P. S. Abramov, V. P. Klochkov, S. M. Chudinov** 29

Formalization of System–Object Visual Models of Servicing of Television and Radio Network. **S. N. Trubitsin, S. I. Matorin, O. A. Zimovets, A. G. Zhikharev** 39

Automatic Classification of Objects and Pattern Recognition with the Usage of Features Weights and Classes Representatives. **E. M. Mamatov** 48

Simulation Tools for Business Process Reengineering. **Y. G. Velikaya, T. V. Zaitseva** 58

About the use of Method of Pair Comparisons for Making decision at Evaluation of Level of Professional Competences of Taught. **E. G. Zhilyakov, S. V. Igrunova, S. N. Devitsyna, N. P. Putivzeva, S. V. Medintseva, U. G. Chashin** 65

INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

About Hardware Support of Digital Processing of Audio-signals. **V. V. Muromtsev, V. A. Goloschapova** 74

Systemtechnical Decisions of the of Formation of Methods of Granting Information and Switching Services by Regional Services of Registration. **N. N. Tyutin, I. M. Uspensky, O. N. Chvanin** 79



N. N. Bolgov, Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)
A. V. Gluhova, Doctor of political sciences, Professor (Voronezh State University)
V. V. Davnis, Doctor of economical sciences, Professor (Voronezh State University)
V. D. Dmitrenko, Doctor of technical sciences, Professor (Kharkov National Technical University)
V. M. Zubar, Doctor of historical sciences, Professor (Institute of archeology of Ukrainian National Academy of Sciences, Kiev)
V. I. Kapalin, Doctor of technical sciences, Professor (Moscow State Institute of electronics and mathematics (technical university))
N. I. Korsunov, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named by V. G. Shuhov)
O. P. Litovka, Doctor of geographical sciences, Professor (Institute of regional economy problems of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)
K. N. Lobanov, Doctor of political sciences, Associate professor (Belgorod Juridical Institute of Ministry of Home Affairs of Russian Federation)
V. E. Lyalin, Doctor of economical sciences, Professor (Izhevsk State Technical University)
S. I. Matorin, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)
L. N. Matrosova, Doctor of economical sciences, Professor (Lugansk National Pedagogical University named by T. Shevchenko)
E. A. Molev, Doctor of historical sciences, Professor (Nizhniy Novgorod State University named by N. I. Lobachevskiy)
V. K. Nustratullin, Doctor of economical sciences, Professor (Bashkiria State Agrarian University)
K. V. Pavlov, Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)
I. M. Pushkareva, Doctor of historical sciences, Senior scientific worker (Institute of Russian History of Russian Academy of Sciences)
V. G. Rubanov, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named by V. G. Shuhov)
T. N. Fliginskikh, Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)
A. P. Shihverdiev, Doctor of economical sciences, Professor (Syktyvkar State University)
E. M. Shagin, Doctor of historical sciences, Professor (Moscow State Pedagogical University)

Regional and municipal economy
 Investment and innovation
 Sectoral markets and market infrastructure
 Labor market and economy of education

Dummy layout by *N.S. Titova, I.V. Berlina*
 e-mail: NTitova@bsu.edu.ru
 Passed for printing 05.12.2008
 Format 60x84/8
 Typeface Georgia, Impact
 Printer's sheets 12,91
 Circulation 1000 copies
 Order 337

Subscription reference in Rospechat' agency catalogue – 18078,
 In joint catalogue Pressa Rossii – 39723
 Dummy layout is replicated at Belgorod State University Publishing House
 Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

About Distinctions of Frequency Properties of Informative and Uninformative Voice Signals of Vocal Range. **S.P. Belov, A.S. Belov** 86

Digital Coding of Clipped Speech with Preservation of Legibility and Recognition of the Announcer. **E.I. Prokhorenko, I.A. Sidorenko, A.V. Boldoldyshev** 94

About the New Method of Sound Compression. **I.I. Chizhov** 100

Information about Authors 105

Information for Authors

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

УДК 336.153

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ И ОЦЕНКИ ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Т.Н. СОЗОНОВА¹⁾
Н.С. ТИТОВА²⁾
Н.В. ЩЕРБИНИНА³⁾

¹⁾ Белгородский государственный университет

e-mail: Sozonova@bsu.edu.ru

²⁾ Белгородский государственный университет

e-mail: NTitova@bsu.edu.ru

³⁾ Белгородский государственный университет

e-mail: Shcherbinina@bsu.edu.ru

В настоящее время в различных областях науки и техники широкое развитие получили системы, ориентированные на получение, обработку и хранение информации, представленной в виде изображений. В данной работе рассмотрены некоторые аспекты обработки изображений, в частности, передискретизация и увеличение четкости, на основе вариационных алгоритмов интерполяции и оценивание первой производной на основе частотных представлений.

Ключевые слова: интерполяция, оценка производной, частотное представление, передискретизация, четкость изображения.

Многие отрасли науки и техники, имеющие отношение к получению, обработке, хранению и передаче информации, в значительной степени ориентируются в настоящее время на развитие систем, в которых информация имеет характер изображений. Изображение, которое рассматривается как двумерный сигнал, является значительно более емким носителем информации, чем обычный одномерный (временной) сигнал. Вместе с тем, при решении многих научных и инженерных задач при работе с визуальными данными требуется в качестве промежуточного этапа проводить пересчет цифровых изображений на другую растровую сетку. В качестве примера таких задач можно привести коррекцию погрешностей аппаратуры (апертурные искажения камеры), перевод аэрокосмических изображений в географические проекции, приведение нескольких изображений к единому размеру, устранение перспективных искажений.

Одной из задач обработки изображений является передискретизация. К задаче передискретизации предъявляются высокие требования по точности, так как каждое преобразование ведет к накоплению ошибки. Таким образом, наилучшим является алгоритм, который производит набор необходимых преобразований за один этап и использует наиболее точный для данной задачи метод аппроксимации. В настоящее время во многих редакторах обработки изображений используются в основном билинейная и бикубическая интерполяция. Отметим, что интерполяция изображения может привести к сильному размытию последнего.

Еще одной из задач обработки изображений является увеличение четкости. Недостаточная четкость изображения может иметь множество объяснений: недостаточное разрешение используемой фототехники, увеличение или уменьшение размера изображения и др.

Таким образом, возникает необходимость при помощи обработки придать изображению такие качества, благодаря которым его восприятие человеком было бы по возможности комфортным. Часто бывает полезным подчеркнуть, усилить какие-то черты, особенности, нюансы наблюдаемой картины с целью улучшения ее субъективного восприятия.

Последнее - субъективность восприятия - сильно усложняет применение формализованного подхода в достижении данных целей. Поэтому, при обработке изображений для визуализации получили распространение методы, в которых часто отсутствуют строгие математические критерии оптимальности. Их заменяют качественные представления о целесообразности той или иной обработки, опирающиеся на субъективные оценки результатов.

В настоящее время известно много методов увеличения четкости изображений, например, такие как: шарпинг, линейное контрастирование, соляризация, препарирование, эквализация и т.д.

В данной работе предлагается использование новых вариационных алгоритмов интерполяции (для увеличения размера изображения) и оценивания производных (для увеличения четкости изображения), основанных на использовании класса целых аппроксимирующих функций ограниченной степени роста. К ним, в частности, относятся функции с финитной областью определения трансформант Фурье, то есть с финитными спектрами.

Учитывая, что изображение можно рассматривать как двумерный сигнал, интерполяция изображения может производиться в два этапа: вдоль оси Ox и вдоль оси Oy .



Рис. 1. Исходное изображение

Рассмотрим математические основы предлагаемых алгоритмов интерполяции и оценивания производных по одному направлению (вдоль оси Ox).

Пусть в эквидистантных точках $t_i = i\Delta t$ $i = 0, \dots, N$ дан вектор значений сигнала

$$\begin{aligned} \vec{u} &= (u_0, \dots, u_N)^T, \\ u_i &= u(i\Delta t), \quad i = 0, \dots, N, \end{aligned} \quad (1)$$

где символ T означает транспонирование.

Представляется целесообразным областью определения аппроксимирующей функции считать всю числовую ось, т.е.

$$-\infty \leq t \leq \infty, \quad (2)$$

При этом потребуем, чтобы в любой точке области определения существовали и были непрерывными производные любого порядка, причем выполнялись неравенства

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\hat{u}^{(k)}(t)|^2 dt < \infty, \quad k = 0, 1, \dots \quad (3)$$

В основе дальнейших построений используется представление

$$\hat{u}(t) = u_0 + \int_0^t f(\tau) d\tau, \quad (4)$$

которое позволяет по производной вычислить интерполирующую функцию. Очевидно, что при этом должны выполняться интерполяционные равенства

$$\hat{u}_i = \hat{u}(i\Delta t) = u_i, i = 0, 1, \dots, N. \quad (5)$$

Для оценки производной будем использовать класса моделей целых функций, которые представимы в виде

$$f(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega, \quad (6)$$

где

$$\Omega = [-\Omega_2, -\Omega_1) \cup [\Omega_1, \Omega_2); \Omega_1 < \infty; \quad \Omega_2 < \infty,$$

$F(\omega)$ - трансформанта Фурье, связанная с модельной функцией дуальным (7) соотношением

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (7)$$

Выбор области определения Ω трансформанты Фурье может быть продиктован априорными сведениями о свойствах сигнала.

Подстановка представления (7) в правую часть (6) позволяет получить соотношение для вычисления интерполирующей функции на основе трансформанты Фурье производной

$$\hat{u}(t) = u_0 + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \frac{\sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)}{\omega/2} e^{\frac{j\omega t}{2}} d\omega, \quad (8)$$

так что условиям интерполяции (5) нетрудно придать вид

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} F(\omega) \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t i}{2}\right)}{\omega \Delta t / 2} e^{\frac{j\omega \Delta t i}{2}} d\omega = v_i / \Delta t, \quad (9)$$

где

$$v_i = (u_i - u_0), i = 1, \dots, N. \quad (10)$$

Для отбора интерполирующей функции из класса целых предлагается использовать вариационный принцип минимизации евклидовой нормы производной. На основе представления (7) и равенства Планшереля (Парсеваля), этому принципу нетрудно придать вид

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f^2(\tau) d\tau = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega} |F(\omega)|^2 d\omega = \min \quad (11)$$

Таким образом, задача сводится к поиску решения вариационной изопериметрической задачи, определяемой условием (11) и ограничениями вида (9). В работе показано, что искомое решение представимо в виде

$$F(\omega) \equiv \sum_{i=1}^N \beta_i \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t i}{2}\right)}{\omega \Delta t / 2} e^{-\frac{j\omega \Delta t i}{2}}, \quad (12)$$

когда $\omega \in \Omega$ и $F(\omega) = 0$ нулю в противном случае.

Для вычисления вектора множителей Лагранжа $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_N)^T$ следует воспользоваться подстановкой представления (12) в левые части равенств (9). В результате нетрудно получить систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которым должен удовлетворять набор коэффициентов

$$A\vec{\beta} = \vec{v} = (v_1, \dots, v_N)^T, \quad (13)$$

где

$$A = \{a_{ki}\}; \quad a_{ik} = \frac{1}{\pi} \int_{\bar{\Omega}_1}^{\bar{\Omega}_2} \frac{\sin\left(\frac{xk}{2}\right) \sin\left(\frac{xi}{2}\right)}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} \cos\left[\frac{x}{2}(k-i)\right] dx; \quad \bar{\Omega}_r = \Delta t \Omega_r, \quad r = 1, 2. \quad (14)$$

В строгом смысле симметричная матрица с элементами вида (14) является положительно определенной. Отметим, что если интервал интегрирования в (14) удовлетворяет условию

$$\bar{\Omega}_2 - \bar{\Omega}_1 = N\Delta t(\Omega_2 - \Omega_1) \geq 2\pi, \quad (15)$$

то определитель матрицы A будет заметно больше нуля, следовательно решение СЛАУ вида (13) будет устойчивым. Отметим, что неравенство вида (15) всегда можно выполнить за счёт соответствующего определения размеров области определения трансформанты Фурье моделирующей (аппроксимирующей производную) целой функции. Иными словами, в указанном смысле решение сформулированных задач оценивания производной и интерполяции на основе соотношения (8) всегда существует.

Если же интервал интегрирования удовлетворяет условию

$$N(\bar{\Omega}_2 - \bar{\Omega}_1) < \pi, \quad (16)$$

то значения элементов матрицы A будут близки и ее определитель будет близок к нулю, следовательно решение СЛАУ вида (13) будет неустойчивым. В этом случае при вычисления вектора $\vec{\beta}$ предлагается использовать псевдообратную матрицу A^+ , вычисляемую через ненулевые собственные числа и соответствующие им собственные векторы

$$A^+ = Q_1 L_1^{-1} Q_1^T, \quad (17)$$

где

$$L_1 = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_j), \quad \lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_j > 0, \quad Q_1 = (\vec{q}_1, \dots, \vec{q}_j).$$

На основе соотношений (12) и (14) нетрудно получить вычислительные формулы для интерполирующей функции (18) и оценки производной (19).

$$\hat{u}(\tau) = u_0 + \frac{\tau}{\pi} \sum_{i=1}^N \beta_i \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega\Delta t}{2} i\right)}{\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \left(\frac{\omega\Delta t}{2}\right)} \cos\left[\frac{\omega}{2}(\tau - i\Delta t)\right] d\omega, \quad (18)$$

$$f(\tau) = \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^N \beta_i \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega\Delta t}{2} i\right)}{\omega\Delta t/2} \cos\left[\omega\left(\tau - i\Delta t/2\right)\right] d\omega; \quad (19)$$

Отметим еще одну возможность организации вычислений. Если заранее известен набор τ_k , $k = 1, \dots, L$ интервала $[0, N\Delta t]$, в которых предполагается в дальнейшем вычисление интерполирующих функций. Тогда, используя (18) и (19) с учетом СЛАУ (13) можно получить следующие вычислительные формулы:

Для интерполирующей функции

$$\hat{\vec{u}} = (\hat{u}(\tau_1), \dots, \hat{u}(\tau_L))^T = u_0 \vec{e}_L + CA^+ \vec{v}, \quad (20)$$

где

$$\vec{e}_L = (1, \dots, 1)^T;$$

$$C = \{c_{ki}\};$$

$$c_{ki} = \frac{\tau_k}{\pi} \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau_k}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega\Delta t}{2} i\right)}{\left(\frac{\omega\tau_k}{2}\right) \left(\frac{\omega\Delta t}{2}\right)} \cos\left[\frac{\omega}{2}(\tau_k - i\Delta t)\right] d\omega; \quad (21)$$

Для оценки производной

$$\vec{f} = (f(\tau_1), \dots, f(\tau_L))^T = BA^+ \vec{v}, \quad (22)$$

где

$$B = \{b_{ki}\}; \quad k = 1, \dots, L; \quad i = 1, \dots, N.$$

$$b_{ki} = \frac{1}{\pi} \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \frac{\sin\left(\frac{\omega \Delta t}{2} i\right)}{\omega \Delta t / 2} \cos\left[\omega\left(\tau_k - i \Delta t / 2\right)\right] d\omega. \quad (23)$$

Удобство применения этих формул заключается в том, что матрицы А, В и С могут быть вычислены заранее, храниться в памяти ПК и многократно использоваться.

Рассмотрим применение предложенных алгоритмов интерполяции и оценки производной для обработки изображений. Пусть в качестве исходных данных имеем изображение размером $N \times M$ ($y=N$, $x=M$) пикселей.

1. Увеличение изображений в K раз.

Для увеличения изображения будем использовать предложенный вариационный алгоритм интерполяции.

На первом этапе осуществляем вычисление матриц $A_x = \{a_{ij}\}$, $i = (1 : N - 1)$, $j = (1 : N - 1)$, с элементами вида (14) и $C_x = \{c_{ij}\}$, $i = (1 : (N - 1)K)$, $j = (1 : N - 1)$ с элементами вида (21).

Затем осуществляем интерполяцию исходного изображения предложенным вариационным методом вдоль оси ОХ по выражению

$$\hat{f}_x = f C_x A_x^+;$$

где \hat{f}_x - изображение, интерполированное вдоль оси ОХ,

f - исходное изображение.

В результате получаем изображение, интерполированное вдоль оси ОХ, приведенное на рисунке 2.



Рис. 2. Интерполяция изображения вдоль оси ОХ

На втором этапе эксперимента осуществляем интерполяцию изображения, приведенного на рисунке 2 вдоль оси ОУ, для чего предварительно производим вычисление матриц $A_y = \{a_{ij}\}$, $i = (1:M-1)$, $j = (1:M-1)$ с элементами вида (14) и $C_y = \{c_{ij}\}$, $i = (1:(M-1)K)$, $j = (1:M-1)$ с элементами вида (21). Интерполяцию осуществляем по выражению

$$\hat{f} = C_y A_y^+ \hat{f}_x,$$

где \hat{f} - интерполированное изображение.

В результате получим изображение размером $5N \times 5M$ пикселей. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Интерполированное изображение

Из приведенных данных видно, что предложенный алгоритм интерполяции может быть применен для увеличения размера изображения с приемлемой точностью.

2. Увеличение четкости изображений.

Для увеличения четкости изображений предлагается использовать предложенный метод оценки производных.

На первом этапе эксперимента производилось вычисление матриц $B_x = \{b_{ki}\}$; $k = 1, \dots, N$; $i = 1, \dots, N$ и $B_y = \{b_{ki}\}$; $k = 1, \dots, M$; $i = 1, \dots, M$ с элементами вида (23) и осуществлялось вычисление второй смешанной производной по выражению

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = B_x A^{-1} \cdot f \cdot B_y A^{-1},$$

где $A_y = \{a_{ij}\}$ - матрица с элементами вида (14), f - исходное изображение.

Затем к исходному изображению добавлялось значение второй смешанной производной, то есть

$$\hat{f} = f + \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y},$$

что позволило получить более четкие, в смысле субъективного восприятия, изображения. Результаты эксперимента приведены на рисунках 4 – 6.



Рис. 4. Исходное изображение (а), изображение после обработки (б)

После обработки изображения наблюдается увеличение четкости границ перехода от светлого тона к более темному.

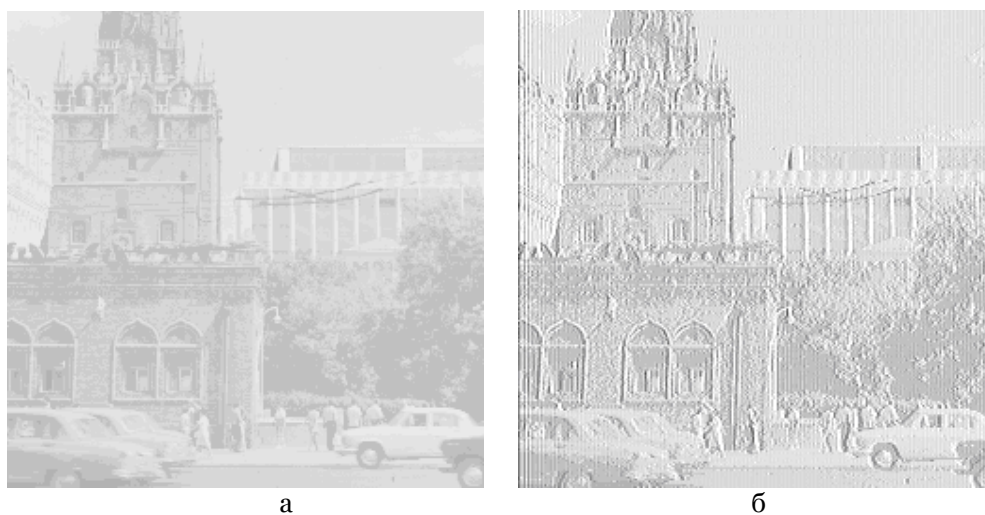


Рис. 5. Исходное изображение (а), изображение после обработки (б)

На данном рисунке наблюдается уменьшение «туманности» изображения, что дает возможность наблюдать мелкие детали изображения и увеличить субъективное восприятие изображения.

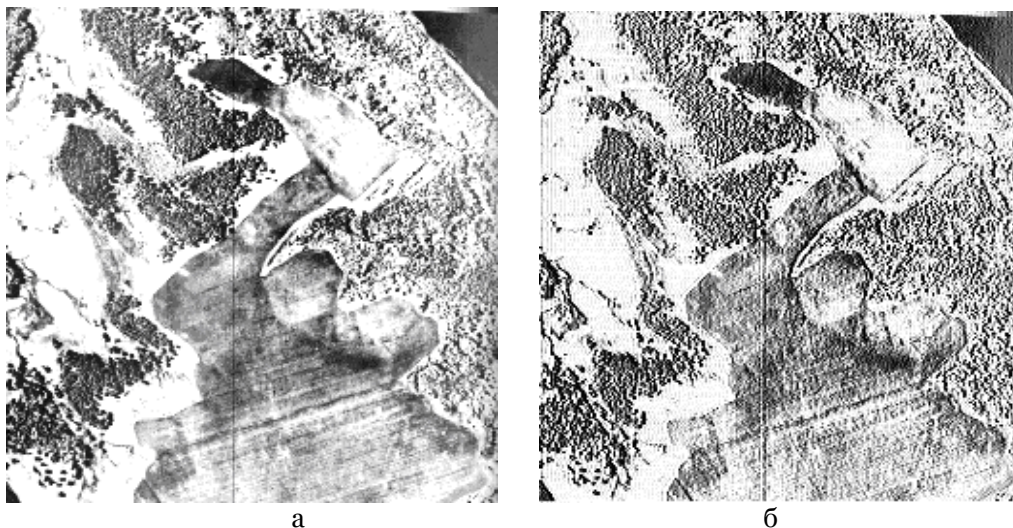


Рис. 6. Исходное изображение (а), изображение после обработки (б)



По результатам эксперимента видно, что предлагаемый алгоритм увеличения четкости изображений позволяет повысить детальность наблюдаемой картины, дает возможность наблюдения мелких деталей на всех участках изображения. А так же позволяет получить более четкие границы отдельных объектов, то есть производить оконтуривание, что может быть полезно в геологии, при обработке аэроснимков земной поверхности.

Очевидным достоинством предлагаемого алгоритма увеличения четкости изображений является его предельная простота. Следует отметить быстроедействие предлагаемого алгоритма, которое достигается за счет предварительного вычисления используемых матриц и хранения их в памяти компьютера. Вместе с тем, предлагаемый алгоритм обработки изображений приводит к очевидному субъективному улучшению визуального качества.

Литература

1. Ланцош, К. Практические методы прикладного анализа [Текст] : справ. рук. / К. Ланцош; пер. с англ. М. З. Кайнера. – М. : Физматгиз, 1961. – 524 с.
2. Хургин, Я. И. Фinitные функции в физике и технике [Текст] / Я.И. Хургин, В.П. Яковлев. – М. : Наука, 1971. – 408 с. : ил.
3. Жилияков, Е.Г. Вариационный метод оценивания производных и интерполяции сигналов по эмпирическим данным [Текст] / Е.Г. Жилияков, Т.Н. Созонова, И.Ю. Мисливец // Вестник Воронежского государственного университета, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2006. – выпуск 2. – С.70-73.

VARIATIONAL ALGORITHMS OF THE INTERPOLATION AND THE ESTIMATION OF THE FIRSR DERIVED FOR IMAGE PROCESSING

T.N. SOZONOVA¹⁾

N.S. TITOVA²⁾

N.V. Shcherbinina³⁾

¹⁾ *Belgorod state university*
e-mail: Sozonova@bsu.edu.ru

²⁾ *Belgorod state university*
e-mail: NTitova@bsu.edu.ru

³⁾ *Belgorod state university*
e-mail: Shcherbinina@bsu.edu.ru

Nowadays in different areas of the science and technology broad development have got the systems, oriented on reception, processing and keeping the information, presented as the images. In the article some aspects of the image processing are considered, in particular, resampling and the sharpness increase, on the variational algorithms of interpolation and estimation of the first derived on the frequency presentations base.

Key words: Interpolation, estimation of the first derived, frequency presentation, resampling, image sharpness

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ С КРУГЛОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛАСТИНОЙ

С.Н. Немцев¹⁾

С.В. Блажевич²⁾

М.Н. Бекназаров³⁾

¹⁾ *Белгородский государственный университет*
e-mail: SNemtsev@bsu.edu.ru

²⁾ *Белгородский государственный университет*
e-mail: Blazh@bsu.edu.ru

³⁾ *Белгородский государственный университет*
e-mail: Beknazarov_m@mail.ru

В статье рассматривается акустический эффект, возникающий при взаимодействии импульсного пучка релятивистских электронов с веществом. В рамках термоупругого механизма построена модель возникновения акустических колебаний в ограниченной пластине и проведены численные расчеты амплитуды продольных колебаний для произвольной точки пластины.

Ключевые слова: акустический эффект, термоупругий механизм, упругие колебания, термодинамическая задача, акустические волны, продольные деформации, тонкие пластинки.

Акустический эффект взаимодействия импульсного пучка быстрых заряженных частиц с плотной средой является результатом сложного процесса передачи энергии падающих частиц атомам среды и определяется комплексом параметров пучка падающих частиц, а также термодинамическими свойствами, состоянием и геометрическими характеристиками среды. Как показали теоретические оценки и подтвердили эксперименты, в этом случае основной механизм возникновения упругих колебаний в среде это термоупругий механизм, связанный с возникновением неоднородного температурного поля в области взаимодействия пучка частиц с веществом мишени. Расчет характеристик акустического импульса, возникающего в области взаимодействия требует решения динамической термодинамической задачи с заданными краевыми и начальными условиями, которые определяются временными и пространственными характеристиками пучка падающих частиц. Для проверки правильности расчетов и выяснения возможности описания различных практически интересных ситуаций при взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом необходимо экспериментальное исследование указанного акустического эффекта на имеющихся ускорительных установках.

1. Теоретическое обоснование и постановка задачи

Экспериментальное исследование акустического эффекта взаимодействия релятивистских электронов в твердых мишенях началось в начале 70-х (см. например [1-2]). Акустическое проявление взаимодействия релятивистских электронов с твердым веществом теоретически было исследовано в работах [3-4], где были рассмотрены возможные механизмы возбуждения звука быстрыми заряженными частицами: динамический, черенковский и термоупругий. Теоретические оценки показали, что термоупругий механизм является преобладающим в области частот акустических колебаний от единиц до сотен килогерц. Этот результат получил свое подтверждение в ряде экспериментальных работ [5-7]. Дальнейшее исследование процессов генерации акустических волн в твердых мишенях под воздействием импульсного облучения пучками релятивистских электронов в зависимости от параметров электронного пучка и структуры вещества мишени представляется актуальным и в настоящее время.

Для задач связанных с продольными деформациями тонких пластинок [5], (толщина которых мала по сравнению с ее размерами в двух других направлениях), т.е. с деформациями, происходящими в плоскости пластинки и не сопровождающи-

мися её изгибом, записана система уравнений, описывающая продольные смещения пластинок \bar{u} и поле температур Θ :

$$\begin{cases} \text{grad div}(\bar{u}) - \frac{1-\sigma}{2} \text{rot rot}(\bar{u}) - (1+\sigma)E\alpha_T \cdot \text{grad}(\Theta) - \frac{\rho(1-\sigma)^2}{E} \cdot \ddot{\bar{u}} = 0 \\ \nabla^2 T - \frac{1}{a} \dot{T} + \frac{q}{\lambda_q} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Здесь все векторные операторы понимаются как двумерные, E - модуль Юнга, σ - коэффициент Пуассона, ρ - плотность материала, α_T - коэффициент линейного расширения, λ_q - коэффициент теплопроводности и q - удельная мощность источников тепла (тепло, производимое за единицу времени в единице объёма источниками тепла).

Распределение температуры по пластине T , как функция координат и времени, определено из решения второго уравнения системы (1), и далее использовано в первом уравнении системы.

В декартовых координатах граница пластины описывается уравнением $x^2 + y^2 = r$, где r - радиус пластины (рис.1).

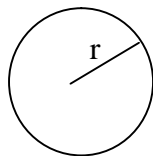


Рис. 1. Круглая пластина

Перепишем уравнения (1) в более удобной форме:

$$\begin{cases} \nabla^2 u_r - \frac{u_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \left(\frac{1-\sigma}{2} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial e}{\partial r} - \rho \frac{(1-\sigma)}{E} \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} - y \frac{\partial \theta}{\partial r} = 0 \\ \nabla^2 u_\varphi - \frac{u_\varphi}{r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \left(\frac{1-\sigma}{2} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial e}{\partial \varphi} - \rho \frac{(1-\sigma)}{E} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial t^2} - \frac{y}{r} \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} = 0 \\ \nabla^2 \theta - \frac{1}{k} \frac{\partial \theta}{\partial t} - \eta \frac{\partial e}{\partial t} = -\omega \end{cases}$$

где

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}; \quad e = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi}.$$

Краевые и начальные условия:



$$\left(\frac{E(1-\sigma)}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\sigma E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} \right) - y\theta \right) \Big|_{r=R} = \sigma_{rr} = 0,$$

$$\left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} \right) \Big|_{r=R} = 0 = \sigma_{r\theta},$$

$$u_i \Big|_{\theta=0} = u_i \Big|_{\varphi=2\pi} \quad u_i \Big|_{r=0} < \infty.$$

2. Решение задачи

Для решения задачи воспользуемся методом, предложенным в [2].

Пусть $y(u_r, u_\varphi, \theta)$ – есть искомая вектор-функция, тогда $\mathcal{Q}(0,0,\omega)$ -мощность ис-

комого теплового источника $y, \mathcal{Q} \in L_2$

Запишем уравнение термоупругого движения в операторной форме:

$$\begin{pmatrix} L_1 & -yL_2 \\ 0 & \nabla^2 \end{pmatrix} y + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\eta L_3 & -\frac{1}{k} \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial t} y + \begin{pmatrix} -\rho \frac{(1-\sigma)}{\varepsilon} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \frac{\partial^2}{\partial t^2} y = \mathcal{Q},$$

\mathcal{E} - единичный оператор

$$L_1 = \begin{pmatrix} \left(\nabla^2 - \frac{1}{r^2} \right) + \frac{(1-\sigma)}{2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial}{r} + \frac{1}{r} \right) & \left(\frac{1-\sigma}{2} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial r} - \frac{1}{r} \right) - \frac{2}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \\ \frac{2}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} + \left(\frac{1-\sigma}{2} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \right) & \left(\nabla^2 - \frac{1}{r^2} \right) + \left(\frac{1-\sigma}{2} \right) \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \end{pmatrix},$$

$$L_2 = \left(\frac{\partial}{\partial r}, \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right)^\Phi \quad L_3 = \left(\left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \right), \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right).$$

Начально-краевую задачу можно рассматривать как задачу Коши с операторными коэффициентами [13]:

$$A_0 y + A_1 \frac{\partial}{\partial t} y + A_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} y = \mathcal{Q} \quad y \Big|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial y}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0,$$

где

$$A_0 = \begin{pmatrix} L_1 & -yL_2 \\ 0 & \nabla^2 \end{pmatrix} A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\eta L_3 & -\frac{1}{k} \end{pmatrix} A_2 = \begin{pmatrix} -\rho\varepsilon & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Решение задачи может быть представлено в форме спектрального разложения по полной биортогональной системе собственных и присоединенных функций пучка операторов A_0, A_1, A_2 [2].

Для построения спектрального разложения построим квадратичный операторный пучок.

$$L_0 = A_0 + A_1 v + A_2 v^2.$$

Сопряженный пучок имеет вид:

$$L_{\bar{v}}^* = A_0^* + A_1^* \bar{v} + A_2^* \bar{v}^2,$$

$$A_0^* = \begin{pmatrix} L_1 & 0 \\ yL_3 & \nabla^2 \end{pmatrix} A_1^* = \begin{pmatrix} 0 & \eta L_2 \\ 0 & -\frac{1}{k} \end{pmatrix},$$

$$L_{\bar{v}} k = 0 \quad L_{\bar{v}}^* k^* = 0,$$

$$L_{\bar{v}} k = 0, \quad k = \left(k_{u_r}, k_{u_\varphi}, k_\theta \right).$$

Выражение для сопряженного оператора получаются по вышеприведенным выражениям заменой констант. В таком случае решение задачи как показано в [2] представимо в виде

$$y = \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^R \int_0^{2\pi} \int_0^H \left\{ \left[\left(\eta \frac{\partial}{\partial r} k_{\theta_i}^* + v_i \rho k_{u_i}^* \right) u_0 + \left(\frac{\eta}{r} \frac{\partial}{\partial r} k_{\theta_i}^* + v_i \rho k_{v_i}^* \right) v_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + \left(\eta \frac{\partial}{\partial z} k_{\theta_i}^* + v_i \rho k_{w_i}^* \right) w_0 + \frac{1}{k} k_{\theta_i}^* \theta_0 + \rho \left(k_{u_i}^* \dot{u}_0 + k_{v_i}^* \dot{v}_0 + k_{w_i}^* \dot{w}_0 \right) \right] \exp(\bar{v}_i t) + \right. \\ \left. + \int_0^t \left[k_{u_i}^* X_r(\tau) + k_{v_i}^* X_\varphi(\tau) + k_{w_i}^* X_z(\tau) + k_{\theta_i}^* w(\tau) \right] \exp(\bar{v}_i(t-\tau)) d\tau \right\} r dr d\varphi dz k_i N_i^{-1}, \quad (2)$$

где

$$N_i = \int_0^R \int_0^{2\pi} \int_{-H}^H \left[\left(\frac{\eta}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r k_{u_i}^*) + \frac{\eta}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} k_{v_i}^* + \eta \frac{\partial}{\partial z} k_{w_i}^* - \frac{1}{k} k_{\theta_i}^* \right) \bar{k}_{\theta_i}^* - \right. \\ \left. - (v_i + v_j) \rho \left(k_{u_i}^* \bar{k}_{u_i}^* + k_{v_i}^* \bar{k}_{v_i}^* + k_{w_i}^* \bar{k}_{w_i}^* \right) \right] r dr d\varphi dz.$$

3. Численные расчеты

По полученным выражениям были проведены расчеты колебаний круглой ограниченной пластинки в которой возбуждаются осесимметричные колебания вида

$$f(r,t) = \alpha e^{-\left(\frac{r}{\beta}\right)^2} \cdot \Phi(t - t_{imp}),$$

где $\Phi(t - t_{imp})$ - функция Хевисайда, определяющая в задаче время действия источника, а α, β - константы.

Тогда решение (2) принимает вид:

$$u_r = \sum_{j=1}^n \int_0^t \int_0^R k_{u_{rj}} \frac{\partial}{\partial r} f(r,t) r dr d\tau k_{u_{rj}} N_j^{-1},$$

где

$$k_{u_{rj}} = J_0' \left(\frac{\omega_j}{c_l} r \right),$$

c_l - продольная скорость распространения волн в пластине.

На рис.2 представлены результаты расчета колебаний для круглой пластинки с радиусом $R = 1$.

Для скорости продольной волны взяты значения $c_l = 1$, для времени импульса $t_{имп} = 0.01$, для полуширины распределения падающего пучка $\beta = 0.1$

Рисунок 2 демонстрирует процесс отражения волны от края пластинки $r = R$.

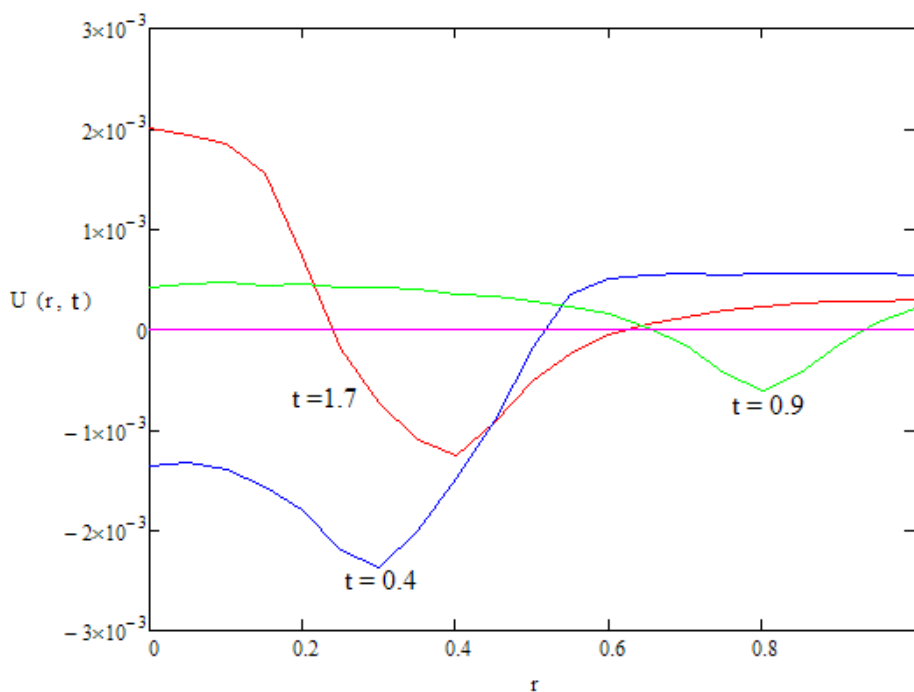


Рис. 2. Расчеты распределения колебательной скорости в круглой ограниченной пластинке в различные моменты времени от начала воздействия на нее пучком заряженных частиц

Предлагаемая модель позволяет исследовать зависимость формы акустического сигнала для различных значений параметров поперечного распределения пучка заряженных частиц и его длительности и прогнозировать результаты эксперимента.



Литература

1. Боршковский, И.А. / И.А.Боршковский, В.Д. Воловик // Письма в ЖЭТФ, -1971 . -№13, С. 546.
Лычев, С.А. Несимметричные интегральные преобразования и их приложения к задачам вязкоупругости [Текст]/ С.А. Лычев, Ю.Э. Сеницкий // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. –2002. Специальный выпуск. -С. 16–38.
2. Блажевич, С.В. О природе акустического импульса возбуждаемого пучком электронов в кристалле [Текст]. / С. В. Блажевич, А.И. Калиниченко, В. Т. Лазурик-Эльцуфин// Письма в ЖТФ, -1975. -т.1. -С. 694.
3. Блажевич, С.В. Исследование акустического эффекта взаимодействия релятивистских электронов с тонкими мишенями / С. В. Блажевич, И. А. Гришаев, В. В. Петренко, Г. Л. Фурсов //ФТТ, -Том 17, -в. 12, -1975, -С. 3636-3638.
4. Ганн, В.В. Исследование термоупругих напряжений, возникающих в никеле при импульсном облучении высокоэнергетическими электронами/ В. В. Ганн, А. И. Жуков, С. В. Блажевич// ВАНТ серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, -1983, - вып. 4(27), -С. 75-78.
5. Блажевич, С.В. Применение задержанной обратной связи в усилителе для акустического датчика/ С. В. Блажевич, Г. Л. Фурсов// ПТЭ, -№5, -1975, -С. 125-126.
Блажевич, С.В. Магнитострикционный датчик распределения плотности импульсного тока пучка ускоренных частиц / С. В. Блажевич//ВАНТ, серия Техника физического эксперимента, -1984, -вып 1(18), -С. 65-67.
6. Блажевич, С.В. Ориентационно-ионизационный эффект взаимодействия ультрарелятивистских электронов с монокристаллом/ С.В.Блажевич, В.Л.Мороховский // ЖТФ, -Том L, -1980, -С. 197-198.
7. Блажевич, С.В. Изгибные колебания пластины под воздействием импульсного облучения слаборелятивистскими электронами/ С.В. Блажевич, В.П. Воронов, И.В.Апухтина //препринт № 1-99, -18 стр. БелГУ. –Белгород, -1999.
8. Блажевич, С.В. Акустический метод регистрации пучков быстрых заряженных частиц/ С.В.Блажевич, В.П. Воронов, Н.В. Камышанченко //Сборник трудов межгосударственной конференции “Радиационная повреждаемость и работоспособность конструктивных материалов”, 2-4 сентября . –Белгород, -1999.
9. Blazhevich, S. Acoustic wave into a thin plate excited by an impulsive beam of the relativistic electron/ S.Blazhevich // 7th Russian-Japanese International Symposium On Interaction of Fast Charged Particles with Solids. Program and Abstracts. October 9-16, -2000, Moskow – Nizhnii Novgorod
10. Блажевич, С.В. Бекназаров Акустическая волна, возбуждаемая в тонкой пластине импульсным пучком релятивистских электронов/ С. В. Блажевич, М. Н. Бекназаров // ПОВЕРХНОСТЬ. РЕНТГЕНОВСКИЕ, СИНХРОТРОННЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. -2003, -№7, -С. 19-21.

THE MODELLING ACOUSTIC EFFECT ARISING FROM INTERACTION BETWEEN RELATIVISTIC ELECTRONS AND CIRCULAR LIMITED PLATE

S.N. Nemtsev¹⁾

S.V. Blazhevich²⁾

M.N. Beknazarov³⁾

¹⁾ Belgorod state university
e-mail: SNemtsev@bsu.edu.ru

²⁾ Belgorod state university
e-mail: Blazh@bsu.edu.ru

³⁾ Belgorod state university
e-mail: Beknazarov_m@mail.ru

Acoustic effect, arising from interaction between relativistic electrons and substance in article is examined. The model of thermoelastic mechanism of acoustic vibrations rise in limited plate is considered. Computational accounts are conducted.

Key words: acoustic effect, thermoelastic mechanism, elastic vibrations, thermodynamic problem, acoustic waves, longitudinal strains, fine plates.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ К ЗАДАЧАМ АЭРОДИНАМИКИ ВЕНТИЛЯЦИИ*

О.А. АВЕРКОВА
А.Н. ЗАКУТСКИЙ
В.Ю. ЗОРЯ
К.И. ЛОГАЧЕВ
И.В. МИХАЙЛОВ
Л.А. МИХАЙЛОВА

*Белгородский государственный
технологический университет
им.В.Г. Шухова
e-mail: kilogachev@intbel.ru*

Изложены алгоритмы численной реализации метода сингулярных интегральных уравнений (граничных интегральных уравнений и дискретных вихрей) для течений идеальной несжимаемой жидкости в многосвязных областях с вращающимися цилиндрами. Обсуждаются результаты решения задач пыле- и аэродинамики вентиляции, полученные с помощью разработанных компьютерных программ, которые могут использоваться для снижения экономических затрат на создание и эксплуатацию систем аспирации.

Ключевые слова: аспирация, метод дискретных вихрей, метод граничных интегральных уравнений, компьютерное моделирование.

Величина производительности местных отсосов пропорциональна затратам электроэнергии, необходимых для их обслуживания. Поэтому производительность МВО должна с одной стороны обеспечивать улавливание загрязняющих веществ, с другой затраты электроэнергии должны быть минимальны.

Для расчетов местных отсосов использовались следующие методы: стоков, наложения потоков, функций комплексного переменного, вихревой или магнитной аналогии, электрогидродинамической аналогии, непосредственное решение уравнения Лапласа, особенностей, граничных интегральных уравнений, численное решение уравнения Навье-Стокса в различных упрощениях, дискретных вихрей.

Метод сингулярных интегральных уравнений включает в себя метод граничных интегральных уравнений (ГИУ) и метод дискретных вихрей (МДВ).

Метод ГИУ называют также непрямым методом граничных элементов (НМГЭ), обобщенным методом наложения потоков, методом «особенностей».

Зарубежные ученые Бенерджи П., Баттерфилд Р., Круз Т., Риццо Ф., Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Бреббия К., Уокер С. Wu, J.C., Wahbah, M.M. применяли метод ГИУ для решения задач аэродинамики и теории упругости. Вывод расчетных соотношений основывался на математическом подходе, а именно сведению дифференциальных уравнений к интегральным. Применяемый математический аппарат основывался на трудах русского математика Михлина С.Г.

Физический подход к построению расчетных соотношений продемонстрирован в работах Н.Я.Фабриканта.

Впервые метод ГИУ для расчета течений вблизи всасывающих отверстий применил Лившиц Г.Д. [1-3] и его ученики. В своей недавней статье [3] Лившиц Г.Д. отметил, что метод ГИУ для расчета всасывающих факелов к сожалению забыт.

Однако, как демонстрируют работы [4-11] метод ГИУ не только не забыт, но и получил дальнейшее существенное развитие. Разработанные алгоритмы и программы позволяют описать качественно и количественно течения пылевоздушных течений в многосвязных двумерных и трехмерных областях с границами произвольной конфигурации, которые могут содержать вращающиеся цилиндры и цилиндры отсосы.

Целью данной статьи является изложение основных результатов, полученных с использованием методов ГИУ и МДВ.

* Работа выполнена при грантовой поддержке РФФИ (проект № 08-08-13687-офи_ц) и РГНФ (проект № 08-06-55601а/Ц)

Основные расчетные соотношения и результаты, полученные по ним

Рассмотрим область течения с границей S , в каждой точке которой известна скорость вдоль вектора внешней нормали. В области находятся M вращающихся цилиндров и цилиндров-отсосов с линейными скоростями вращения $v_k, k=1, 2, \dots, M$. Расположим по границе S непрерывным образом источники (стоки) с интенсивностью $q(\xi, t)$. Непрерывная функция $q(\xi, t)$ зависит от координат граничной точки ξ и времени t . Зависимость от времени обусловлена тем, что при вращении цилиндров-отсосов, их всасывающие щели меняют свои положения во времени, поэтому изменяется форма границы с его течением. Для того чтобы учесть влияние вращения цилиндров на воздушный поток поместим в их центрах вихри с циркуляциями $\Gamma_k = 2\pi R_k v_k$, где R_k – радиус k -го цилиндра. Скорость во внутренней точке x вдоль заданного направления \vec{n} , вызываемая действием источников (стоков) и вихрей в момент времени t определяется из уравнения:

$$v_n(x, t) = \int_S F_2(x, \xi^k, t) q(\xi^k, t) dS(\xi^k) + 2\pi \sum_{k=1}^M R_k v_k G(x, c_k), \quad (1)$$

где c_k – точка центра k -го цилиндра.

Устремляя внутреннюю точку x к граничной x_0 вдоль единичного вектора внешней нормали в формуле (1) получим следующее граничное интегральное уравнение:

$$v_n(x_0, t) = -0,5q(x_0, t) + \int_S F_2(x_0, \xi^k, t) q(\xi^k, t) dS(\xi^k) + 2\pi \sum_{k=1}^M R_k v_k G(x_0, c_k), \quad (2)$$

где функция

$$F_2(x, \xi) = \frac{1}{2\pi} \frac{(x_1 - \xi_1)n_1 + (x_2 - \xi_2)n_2}{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2}. \quad (3)$$

выражает собой влияние на точку $x(x_1, x_2)$ единичного источника, расположенного в точке $\xi(\xi_1, \xi_2)$ вдоль единичного вектора $\vec{n} = \{n_1, n_2\}$, а функция

$$G(x, \xi) = \frac{(x_1 - \xi_1)n_2 - (x_2 - \xi_2)n_1}{2\pi \left((x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 \right)} \quad (4)$$

соответственно влияние единичного вихря.

Интеграл в формуле (2) не содержит особенность $x_0 = \xi$, что учитывается в первом слагаемом.

Разобьем границу области на N прямолинейных отрезков, на которых интенсивность источников (стоков) будет постоянной. Тогда дискретный аналог уравнения (2) следующий:

$$-0,5q(x_0^p, t) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k, t) \int_{\Delta S^k} F_2(x_0^p, \xi^k, t) dS(\xi^k) = v_n(x_0^p, t) - 2\pi \sum_{k=1}^M R_k v_k G(x_0^p, c_k), \quad (5)$$

где x_0^p – середина p -го граничного отрезка;

Изменяя p от 1 до N в выражении (5) получим систему N линейных алгебраических уравнений с N неизвестными интенсивностями источников (стоков) в момент времени t . Скорость во внутренней точке x вдоль заданного направления в этот момент времени может быть вычислена из следующего выражения:

$$v_n(x, t) = \sum_{k=1}^N q(\xi^k, t) \int_{\Delta S^k} F_2(x, \xi^k, t) dS(\xi^k) + 2\pi \sum_{k=1}^M R_k v_k G(x, c_k). \quad (6)$$

Для трехмерного случая алгоритм реализации метода ГИУ строится аналогичным образом. Система уравнений для определения неизвестных источников (стоков) определится из системы уравнений:

$$\frac{1}{2}q(x_0^p) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k) \iint_{\Delta S^k} F_3(x_0^p, \xi^k) dS(\xi^k) = v_n(x_0^p), \quad p = 1, 2, \dots, N, \quad (7)$$

x_0^p - центр тяжести p -го граничного элемента; ξ^k - произвольная точка k -го граничного элемента ΔS^k , по которым вычисляются поверхностные интегралы 1-го рода;

$$F_3(x, \xi) = \frac{1}{4\pi} \frac{(x_1 - \xi_1)n_1 + (x_2 - \xi_2)n_2 + (x_3 - \xi_3)n_3}{\left((x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + (x_3 - \xi_3)^2\right)^{3/2}}. \quad (8)$$

В системе (7) интенсивность $q(\xi^k)$ постоянная по всему граничному элементу. Обычно в качестве граничных элементов используются плоские треугольники.

Скорость внутри области определяется из выражения:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N q(\xi^k) \iint_{\Delta S^k} F_3(x, \xi^k) dS(\xi^k). \quad (9)$$

Трехмерное течение, в области которого содержится вращающийся со скоростью $v_{\text{вр}}$ цилиндр радиуса R , находящегося в спектре действия вытяжного отверстия прямоугольной формы, встроенного в плоскую безграничную стенку, описано в работе [4].

Для учета вращения цилиндра по его оси помещали бесконечно длинный вихревой шнур с циркуляцией $\Gamma = v_{\text{вр}} \cdot 2\pi R$.

Система уравнений для определения неизвестных интенсивностей источников (стоков) имела вид:

$$v_n(x_0^p) = \frac{1}{2}q(x_0^p) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k) \iint_{\Delta S} F_3(x_0^p, \xi^k) dS(\xi^k) + 2\pi R v_{\text{вр}} G_n(x_0^p, r), \quad (10)$$

$$G_n(x, r) = \frac{1}{2\pi r} (\tau_1 n_1 + \tau_2 n_2 + \tau_3 n_3),$$

$$\vec{\tau} = \left\{ \frac{lr_3 - nr_2}{|\vec{a} \times \vec{r}|}, \frac{nr_1 - mr_3}{|\vec{a} \times \vec{r}|}, \frac{mr_2 - lr_1}{|\vec{a} \times \vec{r}|} \right\},$$

$$r = \sqrt{(x_1 - mt - x_0)^2 + (x_2 - lt - y_0)^2 + (x_3 - nt - z_0)^2},$$

$$t = \frac{(x_1 - x_0)m + (x_2 - y_0)l + (x_3 - z_0)n}{m^2 + n^2 + l^2},$$

$$\vec{r} = \{r_1, r_2, r_3\} = \{x_1 - mt - x_0, x_2 - lt - y_0, x_3 - nt - z_0\}$$

$\vec{a} = \{m, l, n\}$ - направляющий вектор прямой; (x_0, y_0, z_0) - заданная на прямой точка.

Скорость воздуха в точке $x(x_1, x_2, x_3)$ вдоль направления $\vec{n} = \{n_1, n_2, n_3\}$ определялась из выражения:

$$v_n(x) = \iint_S F_3(x, \xi) q(\xi) dS(\xi) + 2\pi R v_{\text{вр}} G_n(x, r). \quad (11)$$

В случае если по границе располагают источники (стоки), то говорят, что используется простой слой. Если по границе расположить диполи, то будем иметь двойной слой; если вихри – вихревой слой.

В работе [4] показано, что если на тонком козырьке расположить источники (стоки) на обеих его стенках и устремить его толщину к нулю, то будет получен разрез области, по которому расположены диполи, т.е. получаем двойной слой. Было построено поле скоростей и линии тока в закрытой аспирируемой камере с козырьком в отделении растаривания порошков цеха периклазоуглеродистых изделий Семилукского огнеупорного завода. При моделировании использовалась следующая система уравнений для определения неизвестных источников (стоков) и моментов диполей:

$$-0,5q(x_0) + cm(x_0) + \int_S q(\xi) F_2(x_0, \xi) dS(\xi) + \int_L m(\xi) D(x_0, \xi) dL(\xi) = v_n(x_0), \quad (12)$$

где $c = \frac{n_1}{2\pi} \cos \alpha (1/b_2 - 1/a_2)$, α - угол наклона оси диполя к положительному направлению оси абсцисс локальной системы координат, построенной на отрезке, у которого наблюдается особенность $\xi = x_0$, b_2, a_2 - ординаты вершин этого отрезка, n_1 - горизонтальная составляющая нормали к данному отрезку, L - кривая разреза;

$$D(x, \xi) = \frac{[r_1^2 - r_2^2](n_1 \cos \alpha - n_2 \sin \alpha) + 2r_1 r_2 (n_1 \sin \alpha + n_2 \cos \alpha)}{2\pi [r_1^2 + r_2^2]^2}, \quad (13)$$

$m(\xi)$ - момент диполя, $\xi_1 = (\xi_1' + \xi_1'')/2$, $\xi_2 = (\xi_2' + \xi_2'')/2$, $r_1 = x_1 - \xi_1$, $r_2 = x_2 - \xi_2$, α - угол между осью диполя и положительным направлением оси OX .

Величина скорости в заданной точке определялась из формулы:

$$v_n(x) = \int_S q(\xi) F_2(x, \xi) ds(\xi) + \int_L m(\xi) D(x, \xi) dL(\xi). \quad (14)$$

Вихревой слой как указано в [4] можно использовать для моделирования течений с учетом пограничного слоя. Вблизи стенок сказывается влияние вихрей, что приводит к вращению жидкости вблизи них. Таким образом, вихревой слой кинематически эквивалентен пограничному слою. Вихревой слой был использован для моделирования течения у щелевого отсоса, в спектре действия которого находится цилиндр (рис.1).

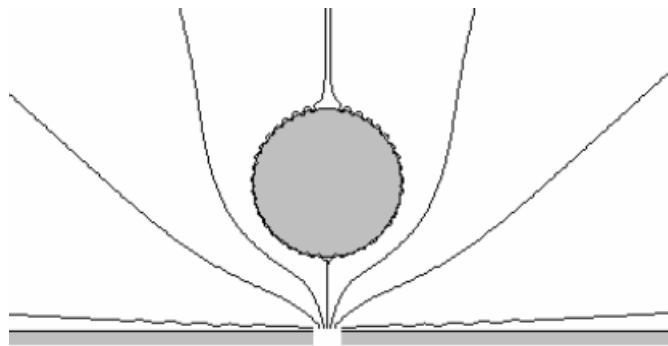


Рис. 1. Линии тока при обтекании цилиндра, находящегося в спектре действия щелевого отсоса, встроенного в плоскую стенку

Для определения неизвестных циркуляций вихрей использовалась следующая система уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N \Gamma(\xi^k) \int_{\Delta S^k} G(x_0^p, \xi^k) dS(\xi^k) + \Lambda = v_n(x_0^p), & p = 1, 2, \dots, N, \\ \sum_{k=1}^N l_k \Gamma(\xi^k) = 0, \end{cases} \quad (15)$$

где Λ - регуляризирующая переменная, предложенная профессором Лифановым И.К. [12], l_k - длина k -го отрезка.

Скорость находилась из выражения:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N \Gamma(\xi^k) \int_{\Delta S^k} G(x, \xi^k) dS(\xi^k).$$

Траектория пылевой частицы строилась на основании интегрирования уравнения ее движения:

$$\frac{1}{6} \rho_q \pi d_e^3 v_q'(t) = -\psi |\bar{v}_q - \bar{v}_e| (\bar{v}_q - \bar{v}_e) \rho_e \chi S_m / 2 + \frac{1}{6} \rho_q \pi d_e^3 \bar{g}, \quad (16)$$

где ρ_u, ρ_e – плотности пылевой частицы и воздуха соответственно; \vec{v}_u – вектор скорости пылевой частицы; \vec{v}_e – скорость воздуха; $d_e, S_m = \pi d_e^2 / 4$ – эквивалентный диаметр и площадь миделевого сечения пылевой частицы соответственно; χ – коэффициент динамической формы частицы; \vec{g} – ускорение свободного падения; ψ – коэффициент сопротивления среды, вычисляемый по формуле

$$\psi = \begin{cases} \frac{24}{Re}, & \text{если } Re < 1, \\ \frac{24(1 + \sqrt[3]{Re^2/6})}{Re}, & \text{если } 1 \leq Re \leq 1000, \\ \frac{24\sqrt{(1 + 0,065\sqrt[3]{Re^2/6})^3}}{Re}, & \text{если } Re > 1000, \end{cases} \quad (17)$$

где $Re = \frac{\rho_e |\vec{v}_u - \vec{v}_e| d_e}{\mu}$, μ – коэффициент динамической вязкости воздуха.

Пылевая частица, движущаяся со скоростью $\vec{v} = \{v_{1r}, v_{1n}\}$ (проекция скорости на касательную и нормаль к границе), сталкиваясь со стенкой, приобретает тангенциальную v_{2r} и нормальную v_{2n} составляющие скорости, вычисляемые по формуле:

$$v_{2n} = -kv_{1n}, \quad v_{2r} = v_{1r} + \eta f(1+k)v_{1n}, \quad (18)$$

где k – коэффициент восстановления при ударе; f – коэффициент трения скольжения;

$\eta = -\frac{2v_{1r}}{7f(1+k)v_{1n}}$, если $-\frac{2v_{1r}}{7f(1+k)v_{1n}} < 1$ и $\eta = 1$ в противном случае.

Возможности программы, разработанной по изложенным алгоритмам, представлены на рис.2-3.

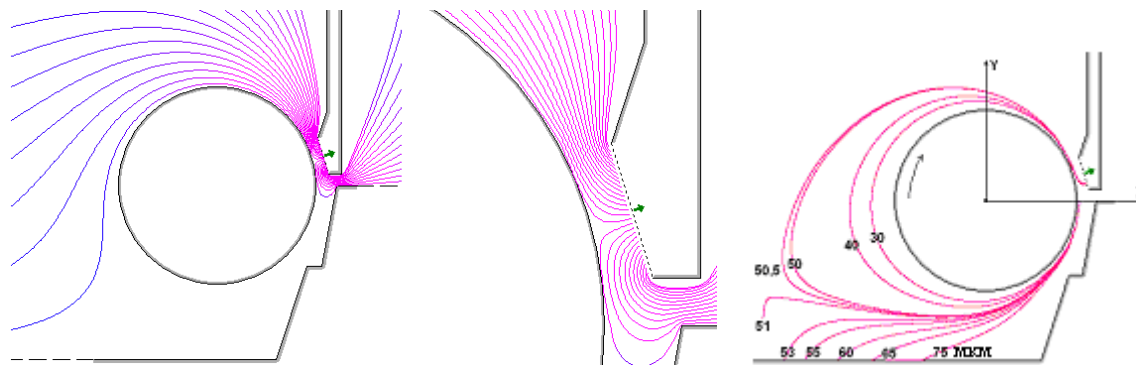


Рис. 2. Линии тока и траектории пылевых частиц
вблизи МВО от вальцетокарного станка

Компьютерная программа позволяет строить линии тока, определять скорости воздушного потока в любых точках области течения, строить траектории одиночных пылевых частиц с учетом их отскока от твердой поверхности в многосвязных двумерных областях произвольной конфигурации, в которой могут находиться вращающиеся цилиндры и (или) цилиндры-отсосы.

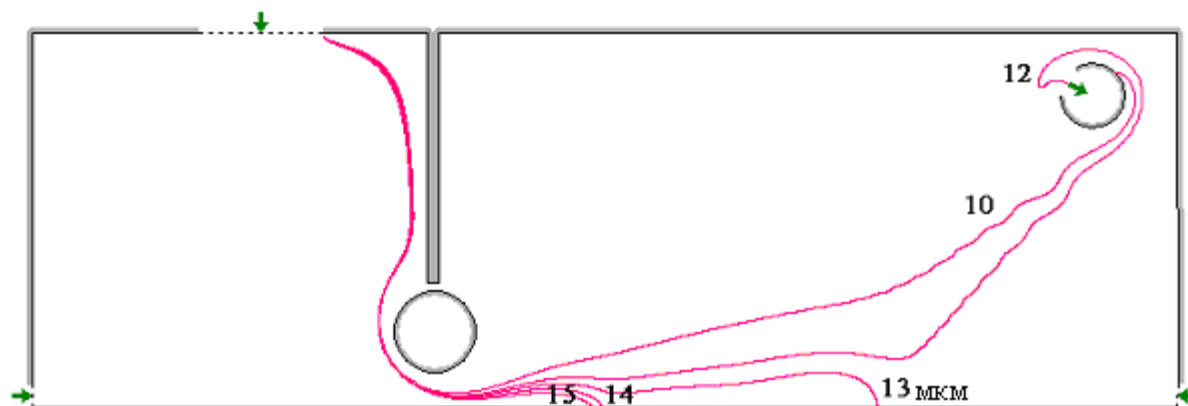


Рис. 3. Полет пылевых частиц при скорости вращения цилиндра против часовой стрелки 8 м/с и цилиндра-отсоса против часовой стрелки со скоростью 4 м/с

Метод дискретных вихрей [12-14] сохраняет преимущества метода ГИУ, но позволяет описывать вихревые нестационарные течения. МДВ использовался в работах Апарина В.А., Белоцерковского С.М., Белоцерковского О.М., Гайдаенко В.И., Ганделя Ю.В., Гомана О.Г., Гиневского А.С., Гуляева В.В., Довгий С.А., Желанникова А.И., Иванова П.Е., Карплюка В.И., Кибардина Ю.А., Котовского В.Н., Крицкого Б.С., Лифанова И.К., Локтева Б.Е., Ништа М.И., Подобедова В.А., Полонского Я.Е., Полтавского Л.Н., Ускова В.П., Судакова А.Г. для расчета вихревых течений возникающих при обтекании самолетов, вертолетов, скоростных поездов в туннелях, при проветривании карьеров, для оценки аэродинамического воздействия ветровых потоков на городскую территорию. В аэродинамике вентиляции он использовался для расчета щелевых отсосов в неограниченном пространстве (рис.4), отсоса под прямым двухгранным углом (рис.5), отсосов-раструбов, в том числе экранированных приточной струей над непроницаемой плоскостью и др. [4]. Были описаны вихревые течения внутри укрытия и укрытия с вращающимся цилиндром-отсосом. Найдено такое положение цилиндра-отсоса, при котором наблюдается наименьший унос пылевых частиц в аспирационную сеть.

Рассматривалась область течения с границей S , в каждой точке которой известна скорость вдоль вектора внешней нормали. В области находились M вращающихся цилиндров и цилиндров-отсосов с линейными скоростями вращения $v_k, k = 1, 2, \dots, M$. Для того чтобы учесть влияние вращения цилиндров на воздушный поток, в их центрах размещали вихри с циркуляциями $\Gamma_k = 2\pi R_k v_k$, где R_k – радиус k -го цилиндра.

Границу области, исключая контуры цилиндров, дискретизируем контрольными точками и присоединенными вихрями. В контрольных точках выполняются граничные условия для нормальной составляющей скорости. Шаг дискретности – расстояние между соседними присоединенными вихрями или контрольными точками приблизительно одинаков и равен h . На изломах границы области расположены присоединенные вихри. В рассматриваемых замкнутых областях количество присоединенных вихрей и расчетных точек одинаково. Контуры цилиндров дискретизируем набором N прямолинейных отрезков ΔS^k , на которых непрерывно размещены источники (стоки), интенсивность которых $q(\xi^k)$ не изменяется вдоль фиксированного отрезка.

В момент времени $t = m \cdot \Delta t$ система для определения неизвестных циркуляций присоединенных вихрей и интенсивностей источников (стоков) будет иметь вид:



$$\left\{ \begin{array}{l} -0,5q(x^p) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x^p, \xi^k) dS(\xi^k) + \sum_{k=N+1}^{N+W} G(x^p, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \Lambda = \\ = v_n(x^p) - 2\pi \sum_{i=1}^M R_i v_i G(x^p, c_i) - \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1}^L G(x^p, \zeta^{l\tau}) \gamma^{l\tau}, \\ \sum_{k=N+1}^{N+W} \Gamma(\xi^k) + \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1}^L \gamma^{l\tau} = 0, \end{array} \right.$$

c_k - точка центра k -го цилиндра; ξ^k - произвольная точка k -го отрезка.
Скорость определяется из выражения:

$$\begin{aligned} v_n(x) = & \sum_{k=1}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x, \xi^k) dS(\xi^k) + \sum_{k=N+1}^{N+W} G(x, \xi^k) \Gamma(\xi^k) + \\ & + 2\pi \sum_{i=1}^M R_i v_i G(x, c_i) + \sum_{\tau=1}^m \sum_{l=1}^L G(x^p, \zeta^{l\tau}) \gamma^{l\tau}, \end{aligned}$$

где W – количество присоединенных вихрей; x^p , $p = 1, 2, \dots, N + W$ – точка центра p -го отрезка или расположения p -го присоединенного вихря; $\zeta^{l\tau}$ – точка расположения свободного вихря с циркуляцией $\gamma^{l\tau}$ в момент времени τ , сошедшего с l -ой острой кромки или гладкой поверхности.

В каждый расчетный момент времени вновь происходит сход новых свободных вихрей, которые движутся по траекториям жидких частиц без изменения их циркуляции, определяются новые положения свободных вихрей до этого находящихся в потоке и т.д.

Для вычисления концентрации пыли в вытяжном отверстии выбирается число l моментов времени поступления в область набора из s пылевых частиц. Осуществляется моделирование движения $l \cdot s$ частиц до тех пор, пока они все не осядут либо не будут уловлены отсосом. В процессе моделирования рассчитывается суммарная масса частиц, попавших в отсос. Выходная концентрация $C_{\text{вых}}$ при этом равна отношению этой массы к объему воздуха, который принес пылевые частицы в укрытие.

В процессе моделирования ЭВМ запоминаются диаметры пылевых частиц уловленных отсосом, и определяется процентный состав пылевых фракций в отсасываемом воздухе.

В результате моделирования по разработанным компьютерным программам:

- определены очертания вихревых областей на входе: в щелевидные отсосы-раструбы (рис.4), в щелевидные отсосы над прямым двухгранным углом (рис.5), в щелевые неплотности аспирационных укрытий при их механическом и аэродинамическом экранировании;

- исследовано вихревое течение у круглого отсоса-раструба, экранированного кольцевой приточной струей, натекающей на непроницаемую плоскую поверхность;

- смоделированы циркуляционные течения в замкнутом помещении (рис.6, [10]) и аспирационном укрытии;

- исследовано поведение пылевого облака, состоящего из пылевых частиц разной крупности, определено изменение концентрации и дисперсного состава аспирируемой пылевой аэрозоли в укрытиях различных типоразмеров и оборудованных вращающимся цилиндром-отсосом [5-9,11] (рис.7-8).

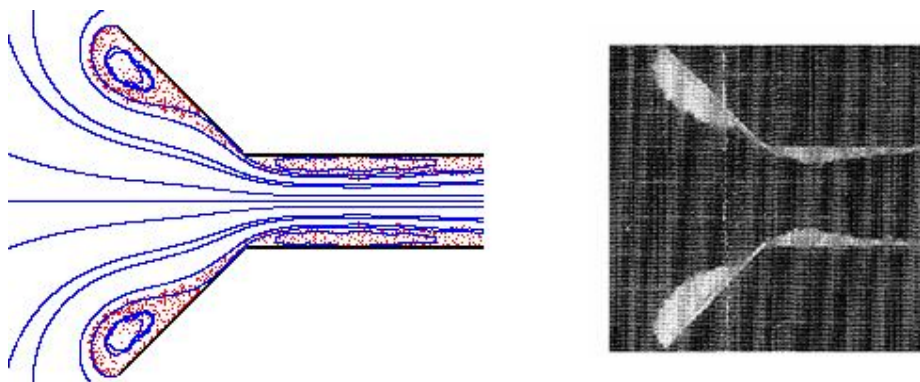


Рис. 4. Вихревое течение на входе в отсос-раструб
(расчетная и экспериментальная картины течения)

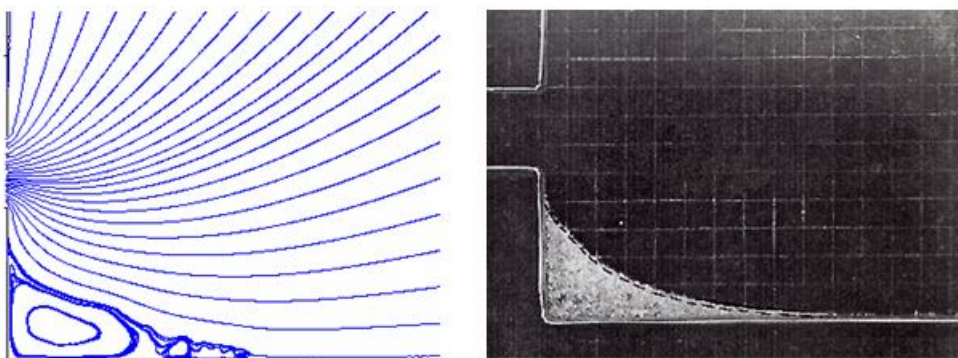


Рис. 5. Вихревое течение вблизи отсоса над прямым двухгранным углом
(расчетная и экспериментальная картины течения)

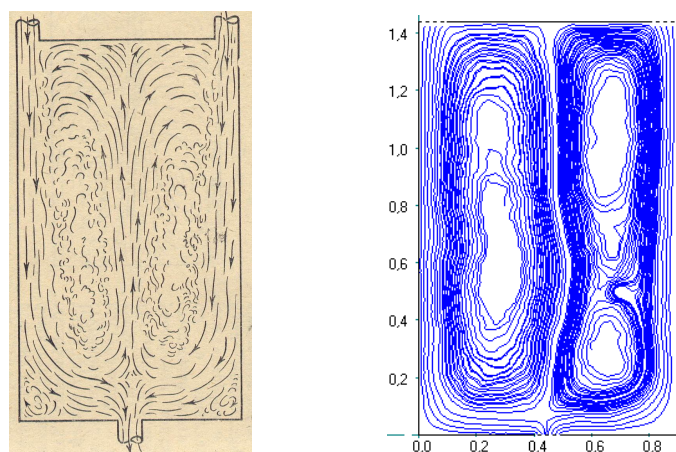


Рис. 6. Вихревое течение в модели с двумя приточными струями:
экспериментальная картина течения и расчетная картина течения

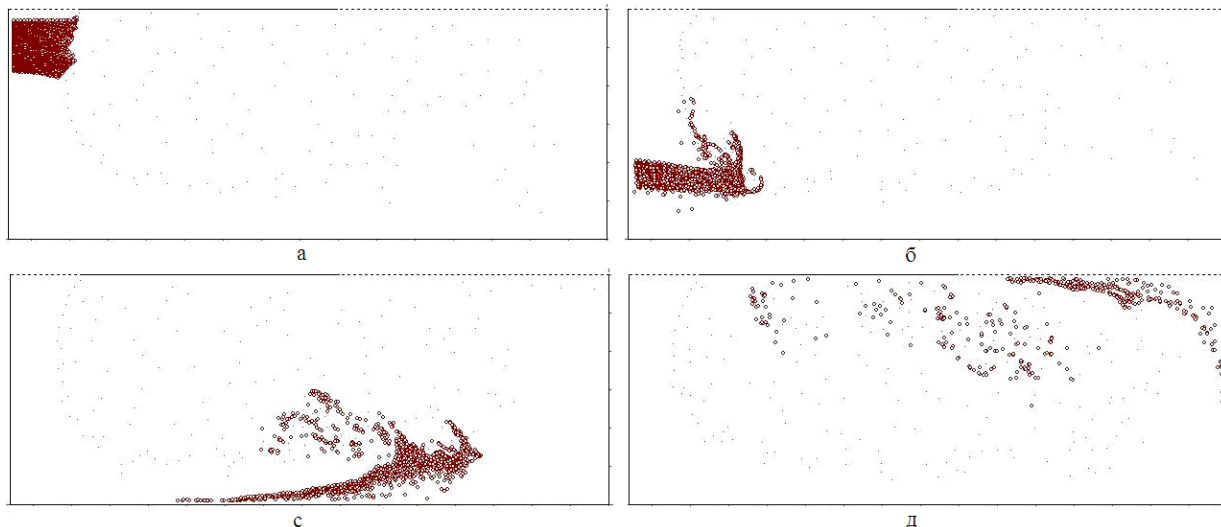


Рис. 7. Поведение пылевого облака, состоящего из 20000 пылевых частиц разной крупности

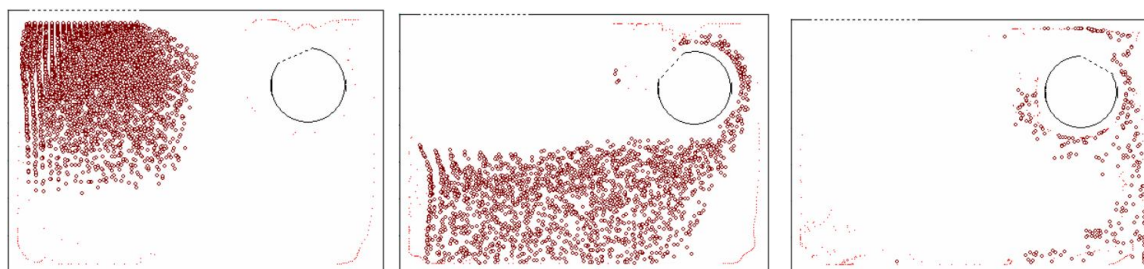


Рис. 8. Поведение пылевого облака с течением времени при скорости вращения цилиндра 2 м/с (точки – свободные вихри, кружочки – пылевые частицы)

Компьютерная реализация метода граничных интегральных уравнений позволила: определить поле скоростей, построить линии тока и траектории пылевых частиц в двумерных и трехмерных областях сложной конфигурации, внутри которой содержались вращающиеся цилиндры и цилиндры-отсосы.

Развитие метода дискретных вихрей, его комбинация с методом граничных интегральных уравнений, его компьютерная реализация позволила: описать нестационарные вихревые течения в местных отсосах открытого и закрытого типов в плоском приближении; исследовать динамику полифракционного пылевого облака, изменение концентрации и дисперсного состава пыли в аспирируемом воздухе в зависимости от геометрических и кинематических параметров укрытий и при их оборудовании вращающимися цилиндрами-отсосами; исследовать взаимодействие приточных струй и всасываемых воздушных потоков.

Дальнейшее направление исследований направлено на разработку алгоритмов и компьютерных программ расчета трехмерных вихревых нестационарных течений, несущих пылевую аэрозоль.

Литература

1. Лившиц Г.Д. Исследование вытяжных факелов местных отсосов методом “особенностей” [Текст] / Г.Д.Лившиц //Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1977. – № 4. – С.113-119.
2. Гиль Б.Л. Математическое моделирование с помощью ЭВМ всасывающих факелов местных отсосов, встроенных в оборудование [Текст] / Б.Л. Гиль // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №7 – С.90-93.
3. Лившиц Г.Д. О расчете всасывающих потоков местных отсосов [Текст] / Г.Д.Лившиц // «Инженерные системы» АВОК Северо-Запад. – 2005. - №3. – С. 25-28.



4. Логачев И.Н. Аэродинамические основы аспирации. [Текст] / И.Н.Логачев, К.И.Логачев. Санкт–Петербург: Химиздат. – 2005. – 659с.
5. Logachev K.I. Computational Modeling of Air-and-coal Flows next to Suction Holes / K.I.Logachev, I.N.Logachev, A.I.Puzanok // CD-proceedings of European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS 2004, Jyvaskyla, 24–28 July 2004, 19 pages.
6. Логачев К.И. Численное исследование поведения пылевой аэрозоли в аспирационном укрытии [Текст] / К.И.Логачев, И.Н.Логачев, А.И.Пузанок // Известия вузов. Строительство. 2006. – №5. - С.73–78.
7. Логачев К.И. Компьютерное моделирование пылегазовых потоков в пульсирующих аэродинамических полях [Текст] / К.И.Логачев, А.И.Пузанок, В.Ю.Зоря // Вычислительные методы и программирование. 2006. Раздел 1. С.195-201 (<http://www.srcc.msu.su/num-meth>).
8. Konstantin I Logachev. Numerical study of aerosol dust behaviour in aspiration bunker / Konstantin I Logachev, Aleksei I Puzanok, Violetta U Zorya. // CD-proceedings European Conference on Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD 2006, Egmond aan Zee, The Netherlands, September 5-8, 2006, 11 pages.
9. Аверкова О.А. Моделирование пылегазовых потоков вблизи всасывающего отверстия в многосвязной области с вращающимся цилиндром [Текст] / О.А.Аверкова // Вычислительные методы и программирование. 2007. Т.8, №1. –С.33-38.
10. Аверкова О.А. Компьютерное моделирование циркуляционных течений в замкнутом помещении на основе метода дискретных вихрей [Текст] / О.А.Аверкова, В.Ю.Зоря, К.И.Логачев, Р.Ю.Овсянников // Вестник БГТУ им.В.Г.Шухова. – 2007. - №3. – С.95-102.
11. Аверкова О.А. Особенности поведения пылевых аэрозолей в аспирационном укрытии стандартной конструкции [Текст] / О.А.Аверкова, В.Ю.Зоря, К.И.Логачев // Химическое и нефтегазовое машиностроение, №11, 2007.-С.34-36
12. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент [Текст] /И.К.Лифанов. – М.:Янус, 1995. – 520с.
13. Белоцерковский С.М. Моделирование турбулентных струй и следов на основе метода дискретных вихрей [Текст] / С.М.Белоцерковский, А.С.Гиневский. – М.:Физматлит, 1995.-368с.
14. Гоман О.Г. Численное моделирование осесимметричных отрывных течений несжимаемой жидкости [Текст] / Гоман О.Г., Карплюк В.И., Ништ М.И., Судаков А.Г.; Под ред. М.И.Ништа. - М.: Машиностроение, 1993. - 288с.

APPLICATION OF A METHOD THE INTEGRATED EQUATIONS TO TASKS OF AERODYNAMICS OF VENTILATION

O.A.AVERKOVA
A.N.ZAKUTSKIJ,
V.U.ZORYA,
K.I.LOGACHEV,
I.V.MIXAJLOV,
L.A.MIXAJLOVA

*Belgorod State Technological
University named after V.G.
Shukhov*
e-mail: kilogachev@intbel.ru

The algorithms of numerical realization of a method of the integrated equations (boundary integrated equations and discrete whirlwinds) for currents of an ideal incompressible liquid in multicoherent areas with rotating cylinders are stated. The results of the decision of tasks пыле- and aerodynamics of ventilation received with the help of the developed computer programs are discussed. The measures of decrease(reduction) of economic expenses on creation and operation of systems of industrial ventilation are offered

Key words: aspiration, method of discrete vortices, computing methods.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

П.С.Абрамов¹⁾

В.П. Ключков²⁾

С.М. Чудинов³⁾

^{1),3)} *ОАО «НИИ супер ЭВМ»,
e-mail:*

chudinov@super-computer.ru

²⁾ *НПО «ЛЭМЗ»,*

e-mail: pplemz18@mail.ru

Рассматриваются вопросы использования информационных технологий формирования модели производственной программы предприятия для выпуска конкурентоспособной продукции в НПО «ЛЭМЗ».

Ключевые слова: использование системного анализа жизненного цикла инноваций и основных элементов инновационных процессов при производстве наукоемкой продукции, методология инновационного развития производства с использованием информационных технологий, формирования моделей производственной программы предприятия (ППП), возможности реализации моделей ППП в НПО «ЛЭМЗ».

В настоящее время с помощью современных информационных технологий строятся системы, позволяющие существенно повысить эффективность организации планирования инновационного производства. Необходимость создания методологии инновационного развития производства, его промышленных предприятий за счет использования информационных технологий для повышения эффективности производства является актуальной задачей. В предлагаемой статье рассмотрены с использованием системного анализа вопросы жизненных циклов инноваций и основных элементов инновационных процессов при производстве наукоемкой продукции.

В статье предложены методы формирования портфеля заказов и системы показателей сбалансированной оценки деятельности предприятия в целом и формирования производственной программы предприятия (ППП). Модель производственной программы предприятия предложены с несколькими вариантами целевой функции: максимум прибыли, максимум объема производства, минимум себестоимости продукции, отношения прибыли к себестоимости. Изложенные подходы по реализации этой модели математическая модель представляет собой нелинейную многокритериальную задачу, целевыми функциями которой являются линейные и дробно-линейные функции. Указанная модель за несколько этапов сводится к нелинейной однокритериальной задаче. Предложенная методика была апробирована в производственных процессах НПО «ЛЭМЗ».

Метод формирования информационной системы управления производством (ППП) на уровне тактического и оперативного управления

Экономическое содержание инноваций. Обобщая в работе многообразие трактовок понятия «инновация», авторы статьи в своем исследовании предлагает рассмотреть инновацию как особый продукт рыночной экономики, объективной функции

ей которого является удовлетворение рыночной общественной потребности, а также получение для предприятия определенного экономического эффекта. В этой связи можно утверждать, что инновация – это новшество (продукт, услуга, технология), внедряемое в деятельность промышленного предприятия или их совокупность с целью получения определенного экономического эффекта (предпринимательской прибыли, роста стоимости предприятия) на основе удовлетворения определенной рыночной общественной потребности.

Инновационный процесс. Рассмотрев широкий спектр идей и определений инновационного процесса, существующих в научной литературе [1-3], авторы считают целесообразным подразделять инновационный цикл на частные циклы создания инновации, характеризующиеся временем от момента появления идеи, положенной в основу инновации, до начала ее использования в промышленном производстве на коммерческой основе и жизненный цикл инновации, определяемый временем от момента внедрения нововведения в промышленное производство до его устаревания и прекращения применения. Необходимость подобной дифференциации инновационного цикла обусловлена объективными причинами. На основе их анализа, авторы делают вывод о том, что инновационный цикл целесообразно представить в виде следующего графика (рис. 1). Жизненные циклы инновации и товара по своему назначению близки, однако, каждый из них, в силу своих особенностей, имеет собственный жизненный цикл. В виду того, что инновация, помимо реализации в виде новой продукции (товара), может выступать в форме новых процессов, то представляется правомерным говорить о жизненном цикле товара как о частном случае жизненного цикла инновации, что характерно для крупных научно-производственных объединений (холдингов), способных участвовать в этом инновационном процессе.

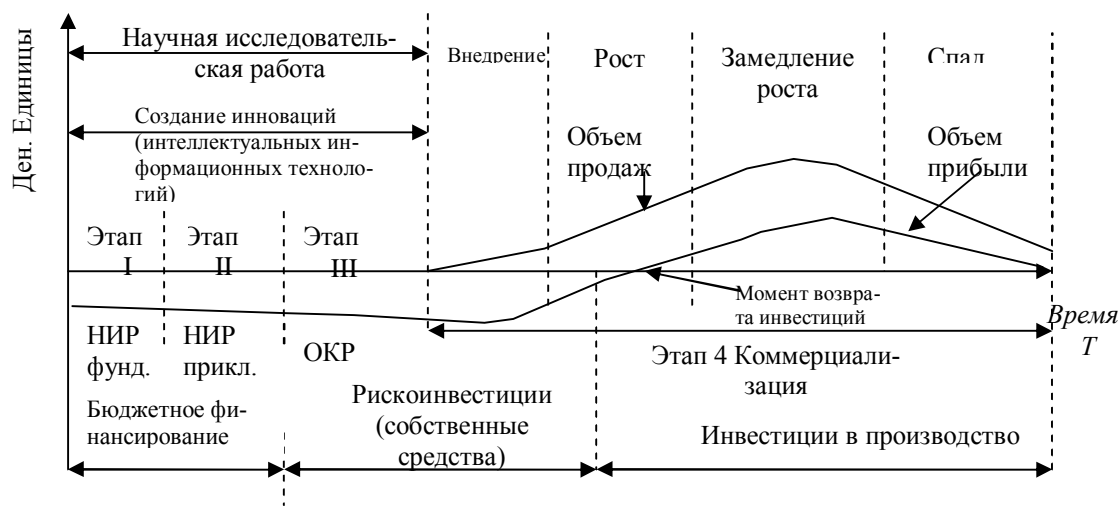


Рис. 1. Основные этапы процесса инновационного развития

Указанные объединения с учетом Программы «Прогноз технологического развития экономики России с учетом новых мировых интеграционных процессов» расчеты и исследования позволили установить, что основой развития перспективных высокотехнологичных производств должны быть технологические кластеры, сочетающие достаточный научно-технический и производственно-технологический потенциалы, ориентированные на устойчивый внутренний и внешний рынки. Прогноз развития этих рынков служит базой для формирования требований к целям и стратегии развития технологических кластеров. Это необходимо потому, что высокие технологии и их продукция являются катализатором, ускорителем развития всех остальных отраслей. Установлено, что в комплексных технологиях большинства отечественных отраслей наиболее «узким местом» являются системы управления, а также информационные системы связи, обеспечивающие общение бизнес-технологий между собой, с клиентами, банками, биржами и др. Поэтому развитие систем управления бизнес-



технологиями на основе современного программного обеспечения и персональных ЭВМ и их последующее «встраивание» в традиционные технологии способно мультипликативно повысить эффективность деятельности компании.

НПО «ЛЭМЗ» - самостоятельно функционирующее предприятие, созданное для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли. Основной продукцией НПО «ЛЭМЗ» являются радиолокационные комплексы (РЛК). Объем товарного выпуска в 2006 году составил около 17807,7 млн. руб., в 2007 году – 3468,0 млн. руб. и имеет тенденции к росту. При этом, более половины продукции являются новыми разработками или современными модификациями известных систем и комплексов и поэтому относятся к инновационным высокоинтеллектуальным изделиям. НПО «ЛЭМЗ» производит наукоемкие и высокотехнологичные товары производственного назначения, покупателями которых являются предприятия и организации. Жизненный цикл такого товара для предприятий данного класса имеет вид, указанный в таблице 1.

Таблица 1

Жизненный цикл товара

Фазы жизненного цикла	Экономическая характеристика
1. Разработка	Затраты. Инвестиции в будущее
2. Освоение производства и продвижение на рынок	Затраты. Инвестиции в будущее
3. Производство и продажи 3.1. Рост 3.2. Спад	Начало окупаемости Рост прибыли Спад прибыли
4. Снятие с производства	Минимизация затрат при своевременном принятии решения
5. Поддержание эксплуатации	Устойчивая прибыль с последующим снижением

Из таблицы 1 видно, что основной, с точки зрения получения прибыли, является третья фаза производства и продажи. Из таблицы видно, что работа с товаром осуществляется на всех этапах его жизненного цикла. Средняя рентабельность продукции превышает 12%. В условиях рынка вся деятельность предприятия направлена в итоге на реализацию товара, подчинена интересам покупателей и поэтому маркетинг является основой управления предприятием в условиях рынка.

Экономическая стратегия в стране в настоящее время чаще рассматривается на макроуровне. Вместе с тем, очень актуальным остается вопрос о создании рынка на уровне деятельности промышленного предприятия. В этом отношении рынок следует рассматривать как экономическую среду, в которой функционирует приоритет предприятия, принимая в условиях рынка определенные хозяйственные решения, которые должны учитывать резко возросшее влияние на экономику, организацию и планирование производства внешних факторов, неопределенность рынка, чтобы постоянно поддерживать гибкость своего функционирования, где ведущая роль принадлежит маркетингу и стратегии развития. В связи с актуальностью задачи структурной перестройки производства на предприятиях, особенно с учетом конверсии военно-промышленного комплекса, должны быть разработаны новые модели использования информационных технологий для повышения эффективности производства. В статье приводится практический пример по маркетинговой стратегии НПО «ЛЭМЗ» как основы управления деятельностью предприятия в условиях рынка (организация маркетинга, работа с покупателями, участие в тендерах, рекламная деятельность, комплексные исследования рынка, формирование ценовой политики предприятия). Особый акцент сделан на планировании портфеля заказов.

Планирование портфеля заказов

Формирование портфеля заказов осуществляется как на текущий период, так и на перспективу. По результатам работы с покупателями и с рынком делается оценка возможных объемов продаж продукции предприятия. Принимая во внимание то, что

в современной ситуации конъюнктура рынка подвержена колебаниям под влиянием целого ряда факторов, эта оценка имеет вероятностный характер.

Вероятность получения заказа рассчитывается следующим образом:

$$P_0 = \frac{\sum_1^n V_i P_i}{\sum_1^n V_i},$$

где: P_0 – вероятность произведенной оценки; V_i – объем продаж по пункту оценки; P_i – вероятность продаж по пункту оценки. P_i принимается равным 1, если контракт (договор) по i -му пункту оценки уже заключен. Если контракт находится в процессе согласования и готовится к подписанию, P_i принимается от 0,9 до 0,95 (в зависимости от стадии готовности). Если контракта еще нет, однако Покупателем по технико-коммерческим предложениям Продавца принято решение о закупке продукции/услуг, то P_i принимается равным от 0,7 до 0,8. Наконец, P_i лежит в диапазоне от 0,5 до 0,7 для тех пунктов оценки, поставки по которым находятся в различной степени проработки с Покупателем; при этом в расчет принимаются только те пункты, по которым имеются письменные подтверждения намерений Покупателей.

При этом V_i берется из следующих документов:

- из цены контракта/договора (при его наличии, т.е. если $P_i=1$);
- из согласованной с Покупателем цены поставки/услуг (при $1 > P_i \geq 0,7$);
- из принятого покупателем коммерческого предложения ($0,7 > P_i > 0,5$).

Коммерческие предложения, не подтвержденные намерениями покупателя ($P_i < 0,5$), в расчет не принимаются. Внедрение методики планирования портфеля заказов позволяет сформировать методику построения целевой функции управления предприятием.

В статье излагаются материалы по методике построения целевой функции управления развитием предприятия и формированием производственной программы предприятия (ППП) по выпуску конкурентоспособной продукции.

Приводится материал по решению научно-производственной задачи определения целевых функций для математических моделей оптимизации производственной программы предприятия (ППП) при выпуске инновационной продукции. Наиболее сложным и ответственным этапом управления долгосрочным развитием компании считается планирование выпуска изделий и обеспечение необходимых условий для выполнения производственной программы предприятия (ППП), которой определяется перечень изделий, их количество, сроки и стоимости изготовления. Основанием для формирования ППП является оптимальный план выпуска изделий, разрабатываемый по результатам изучения конъюнктуры рынка и сбыта продукции. В процессе планирования прорабатывается ряд вариантов выпуска продукции с использованием математических моделей для оптимизации производственно-хозяйственной деятельности предприятия и выбирается наилучший. ППП предприятия определяется вектором $\bar{x} = (x_{ij})$, $i = 1, \dots, N$, $j = 1, \dots, L_i$, где x_{ij} – количество изделий вида i , производимых по технологии j ; N – число видов изделий, производство которых возможно в планируемом периоде; L_i – количество альтернативных технологий производства изделий вида i . В общем случае возможен набор альтернативных технологий, различных типов оборудования. Каждая из технологий $j = 1, \dots, L_i$ производства изделия i , ($i = 1, \dots, N$) задается набором чисел a_{ijk} по типам оборудования $k = 1, \dots, K$, где a_{ijk} – фонд времени, затрачиваемый k типом оборудования на производство изделий i по технологии j . Условия обеспеченности процесса выполнения ППП имеют вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K, \quad (1)$$

где T_k – число рабочих часов оборудования типа k в планируемом периоде, r_k – количество единиц оборудования типа k .



Априори учитывалось, что ППП должна быть ниже производственной мощности. Определяя ограничения, накладываемые на количество выпускаемых изделий, определялись нормативы запасов исходных ресурсов, имеющихся в наличии:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M, \quad (2)$$

где b_{ijm} - расход исходного ресурса типа m для производства изделия i по технологии j , s_m - количество исходного ресурса типа m .

Ограничения на максимальный и минимальный объемы выпуска изделий вида i , обусловленные, например, величиной спроса на конечные изделия и необходимостью сохранения минимальной доли на рынке принимались в виде:

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (3)$$

где $V \min_i, V \max_i$ - минимальный и максимальный объемы выпуска изделий вида i .

Ограничения по электрической и тепловой энергии учитывались в виде:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)}, \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad (4)$$

где $\delta_{ijk}^{(1)}, \delta_{ijk}^{(2)}$ - расход электрической и тепловой энергии соответственно, необходимый для производства изделия i по технологии j на оборудовании типа k ; $Q^{(1)}, Q^{(2)}$ - общее количество электроэнергии и тепловой энергии соответственно. Естественно, выполнялось требование не отрицательности количества выпускаемых изделий, т.е.

$$x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Одним из основных показателей эффективности работы предприятия является прибыль, получаемая от реализации продукции, поэтому критерием оптимизации ППП является функция, определяющая прибыль от реализации произведенных изделий:

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} Pr_i x_{ij} \rightarrow \max, \quad (6)$$

где Pr_i - прибыль, получаемая от реализации изделия вида i .

Предприятию важно получить максимальный объем производства, поэтому критерием оптимизации ППП можно выбрать функцию, определяющую объем производства:

$$F_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \max. \quad (7)$$

Интересным и логичным является случай рассмотрения в качестве критерия оптимизации ППП себестоимости продукции, приходящейся на единицу изделия, которая выражается следующей функцией:

$$F_3 = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} \right) / \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \right) \rightarrow \min, \quad (8)$$

где c_{ij} - себестоимость изделия вида i , изготовленного по технологии j .

На основе проведенных исследований можно разработать модели оптимального выпуска конкурентоспособных изделий в планируемом периоде. Одним из основных показателей эффективности производства является рентабельность продукции предприятия, определяемая отношением прибыли, получаемой от реализации продукции к ее себестоимости, т.е.

$$F_4 = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} Pr_i x_{ij} \right) / \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} \right) \rightarrow \max. \quad (9)$$

Указанная методика позволяет построить ряд однокритериальных математических моделей оптимизации показателей хозяйственной деятельности предприятий приборостроения с учетом специфики производства и создать пакет программ для реализации.

Одним из принципиальных вопросов является определение процедуры построения функции долгосрочного планирования с учетом интересов заинтересованных сторон и согласование ее с целевой функцией оперативного управления. Для построения целевой функции предложено использовать комбинацию управленческих эквивалентов теории заинтересованных сторон, таких как сбалансированная система показателей и многокритериальная теория полезности.

Математическая модель № 1

В качестве целевой функции была принята максимальная прибыль, получаемая от реализации произведенной предприятием продукции.

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \text{Pr}_i x_{ij} \rightarrow \max,$$

ограничения:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad m = 1, \dots, M.$$

Математическая модель № 2

В качестве целевой функции был принят максимум объема выпускаемых предприятием изделий.

$$F_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \max,$$

ограничения:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Математическая модель № 3

В качестве целевой функции рассматривается минимум себестоимости на единицу продукции.

$$F_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \min,$$

ограничения:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Математическая модель № 4

В качестве целевой функции была принята рентабельность продукции.

$$F_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \text{Pr}_i x_{ij} \Big/ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

ограничения:
$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Математическая модель № 5

Математическая модель № 5 представляет собой нелинейную многокритериальную задачу, целевыми функциями которой являются линейные и дробно-линейные функции. Указанная модель за несколько этапов сводится к нелинейной однокритериальной задаче.

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \text{Pr}_i x_{ij} \rightarrow \max,$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \max, \quad F_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} \Big/ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \min,$$

ограничения:
$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Математическая модель № 6

Математическая модель № 6 представляет собой нелинейную многокритериальную задачу, целевыми функциями которой являются линейные и дробно-линейные функции. Указанная модель за несколько этапов сводится к нелинейной однокритериальной задаче.

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \text{Pr}_i x_{ij} \rightarrow \max,$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \rightarrow \max,$$

$$F_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \text{Pr}_i x_{ij} / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

ограничения:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} a_{ijk} x_{ij} \leq T_k r_k, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} b_{ijm} x_{ij} \leq s_m, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$V \min_i \leq \sum_{j=1}^{L_i} x_{ij} \leq V \max_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(1)} x_{ij} \leq Q^{(1)},$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sum_{k=1}^K \delta_{ijk}^{(2)} x_{ij} \leq Q^{(2)}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, L_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Указанный подход позволяет определить инструмент для построения целевой функции деятельности предприятия, представляющий комбинацию многокритериальной теории полезности и управленческих эквивалентов теории заинтересованных сторон. Показано, что одними из наиболее эффективных алгоритмов оптимизации производственной программы являются алгоритмы, построенные на базе методов последовательной безусловной минимизации. Математическая модель представляет собой нелинейную многокритериальную задачу, целевыми функциями которой являются линейные и дробно-линейные функции. Указанная модель за несколько этапов сводится к нелинейной однокритериальной задаче.

Этапы реализации ППП

На первом этапе реализуются математическая модель производственной программы предприятия с несколькими вариантами целевой функции: максимум прибыли; максимум объема производства; минимум себестоимости продукции; отношения прибыли к себестоимости.

На втором этапе разрабатываются математические модели и инструменты для построения целевой функции деятельности предприятия, представляющий комбинацию многокритериальной теории полезности и управленческих эквивалентов теории заинтересованных сторон. Показано, что одними из наиболее эффективных алгоритмов оптимизации производственной программы являются алгоритмы, построенные на базе методов последовательной безусловной минимизации. Математическая модель представляет собой нелинейную многокритериальную задачу, целевыми функциями которой являются линейные и дробно-линейные функции. Указанная модель за несколько этапов сводится к нелинейной однокритериальной задаче.

Практическое применение

В качестве конкретного примера принято рассмотрение инновационной деятельности «НПО «ЛЭМЗ» и использованные материалы, опубликованные в отчетных

данных НПО «ЛЭМЗ» за 2007 год, а также материалы, изложенные в журнале «Радиопромышленность» выпуск 2 за 2007 год.

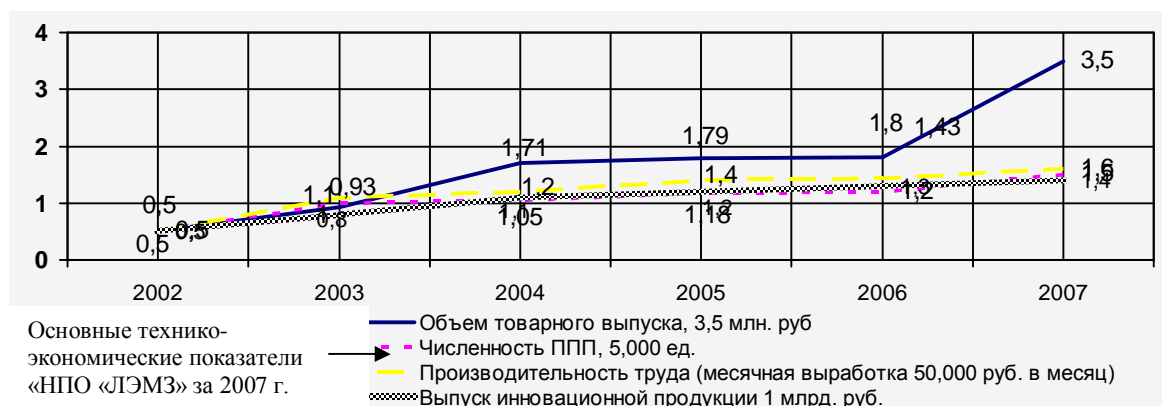


Рис. 2. Динамика роста объемов производства, выпуска инновационной продукции и производительности труда промышленных предприятий ОАО «НПО «ЛЭМЗ»

Объем инновационной продукции, которая имеет соответствующие патенты и сертификаты и пользуется налоговыми льготами, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Объем инновационной продукции

	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Объем инновационной продукции	226,6 млн. руб.	117,1 млн. руб.	133,1 млн. руб.	337,9 млн. руб.	403,9 млн. руб.	420,0 млн. руб.
Затраты	43,9	80,9	95,4	61,2	50,2	48,3

На рис. 2 показана динамика роста объема товарного производства промышленных предприятий, входящих в холдинг ОАО НПО «ЛЭМЗ», без значительного роста численности персонала, а также рост производительности труда на ОАО НПО «ЛЭМЗ» за счет внедрения широкой гаммы инновационных решений и информационных технологий. В управлении производством главная задача руководства предприятия состоит в том, чтобы определить целесообразность использования резервов для достижения наилучших результатов производственной деятельности. Анализ материалов экономической деятельности НПО «ЛЭМЗ» за период 2002-2007 гг. показывает рост выпуска продукции за счет разработки новой радиолокационной техники при сокращении сроков ее внедрения и решения проблемы качества выпускаемой продукции, а также использования информационных технологий для повышения эффективности производства.

В материалах статьи сформулированы подходы по использованию информационных технологий для формирования модели производственной программы предприятия на примере НПО «ЛЭМЗ».

Литература

1. Яковлевой О.П. «Формирование и измерение резервов производства»/ Изд-во ЛГУ, 1985, стр. 88
2. Шпрыгин В.И. Резервы и стимулы повышения эффективности производства/ Котляков Я.Ш. - М.: Экономика, 1985, стр. 160



3. Омаров А.М. «Экономика промышленного предприятия»/ - М.: Экономика, 1995, стр. 35
4. Клочков В.П. Основы системного менеджмента на крупных промышленных предприятиях (на опыте ЛЭМЗ). /Учеб. пособ. Для высшей школы, М.: Весь Мир, 2003, 202с.
5. Абрамов П.С. Задача определения целевых функций для моделей оптимизации производственной программы предприятия (ППП)/ М.: Радиопромышленность, выпуск 2, 2007, стр. 114-124
6. Абрамов П.С. Завод и рынок / Демин А.И., Монахов Д.В. - М.: Радиопромышленность, выпуск 2, 2007, стр. 28-56
7. Абрамов П.С. Об одном подходе к использованию интеллектуальных информационных технологий для повышения эффективности инновационного производства / Варламов А.О. - Доклад на Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы» «Интеллектуальные САПР», г. Дивноморское, 3-10 сентября, том 3
8. Абрамов П.С. О возможности интеллектуальных систем по определению целевых функций математических моделей оптимизации производственной программы различных предприятий / Котов К.Ю., Межуев Н.В., Тоже К.Э. Журнал Искусственный Интеллект № 4, 2007, стр. 140-146

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES OF FORMATION OF MODEL OF THE INDUSTRIAL PROGRAM OF THE ENTERPRISE

P.S. Abramov ¹⁾

V.P. Klochkov ²⁾

S.M. Chudinov ³⁾

^{1),3)} *ОАО "НИИ супер EVM",
e-mail: chudinov@super-computer.ru*

²⁾ *НПО "ЛЕМЗ",
e-mail: pplemz18@mail.ru*

The questions of use of information technologies of formation of model of the industrial program of the enterprise for release of competitive production in NPO "LEMZ" are considered.

Key words: use of the system analysis of life cycle innovation and basic elements of advanced processes by manufacture of science intensive production, methodology of advanced development of manufacture with use of information technologies, formation of models of the industrial program of the enterprise (IPE), possibility of realization of models IPE in NPO "LEMZ".

ФОРМАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ СЕРВИСНОЙ СЛУЖБЫ ТЕЛЕРАДИОСЕТИ

С.Н. ТРУБИЦИН¹⁾С.И. МАТОРИН²⁾О.А. ЗИМОВЕЦ³⁾А.Г. ЖИХАРЕВ⁴⁾

¹⁾Федеральное государственное
унитарное предприятие

«Российская телевизионная и
радиовещательная сеть»

^{2,3,4)}Белгородский государственный
университет

e-mail: matorin@bsu.edu.ru

Решается задача развития концептуальных средств системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» с учетом особенностей сервисных систем и процессов, а также развиваются формальные средства системно-объектного анализа на основе математической теории паттернов Гренандера. При этом строится визуальная графоаналитическая модель логистических бизнес-процессов сервисного обслуживания с помощью специально разработанного CASE-средства «UFO-toolkit».

Ключевые слова: визуальное графоаналитическое моделирование, сервисное обслуживание телерадиосети, системно-объектный подход, теория паттернов.

Обеспечение качественного выполнения задач, возложенных на Федеральное государственное унитарное предприятие «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (ФГУП РТРС), невозможно без организации в рамках ФГУП РТРС (с учетом распределенной по стране сети филиалов) современной сервисной службы. При этом сами процессы сервисного обслуживания представляют собой сложную многофакторную и многофункциональную систему. Поэтому проектирование такой системы и управления ею не может быть осуществлено без использования методов и компьютерных средств системного анализа, а также современной информационной технологии моделирования [1].

Процессы сервисного обслуживания, являются слабоформализованными, что не позволяет использовать для их моделирования известные стандартные математические подходы. Задача обеспечения регламентации бизнес-процессов сервисного обслуживания, в дополнение к сказанному выше, приводит к необходимости использования некоторой *визуальной графоаналитической технологии моделирования*, применяемой в рамках инжиниринга бизнеса.

При моделировании системы сервисного обслуживания телерадиосети использована визуальная графоаналитическая технология, основанная на системно-объектном подходе, который обеспечивает представление любой системы в виде триединой конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-подход или УФО-анализ), и подерживаемая специальным CASE-инструментарием «UFO-toolkit» [2].

Выбор данного подхода связан с тем, что он обладает дополнительными возможностями, по сравнению с уже известными методами системного анализа, и при решении подобных задач до сих пор не использовался. Он, в частности, позволяет преодолеть известные противоречия между системным и объектным подходами. Кроме того, данный подход позволяет формализовать визуальные графоаналитические модели систем с помощью математических понятий теории паттернов Гренандера: «образующая», «конфигурация» и «изображение» [3].

Моделирование сервисной службы и процессов сервисного обслуживания в виде иерархии диаграмм в нотации «Узел-Функция-Объект» осуществляется следующим образом:

- потоки материалов и инструментов (средства обслуживания) представляются как связи;
- перекрестки связей (потоков), т.е. структурные единицы логистической системы сервиса, представляются как узлы;
- сервисные работы, выполняемые структурными подразделениями и/или должностными лицами филиала ФГУП РТРС, представляются как функции соответствующих узлов.

– исполнители этих функций, т.е. отделы, бригады мастеров и дежурные специалисты (подразделения и сотрудники) представляются как объекты;

– элементы логистической цепочки сервиса, таким образом, представляются как целостные конструкции «Узел-Функция-Объект» (т.е. УФО-элементы или образующие), объединяющие в единой модели (или конфигурации) и структурные (узловые), и процедурные (функциональные), и субстанциальные (объектные) характеристики моделируемой системы.

В соответствии с алгоритмом УФО-анализа для создания УФО-модели (модели системы в терминах «узел», «функция» и «объект») перед началом моделирования необходимо построить классификацию связей (внешних и внутренних моделируемой системы) путем специализации базовой иерархии связей. Данная иерархия представляет собой категориальную классификационную структуру, в которой все связи (**L**) разделены на связи «материальные» (**M**) и «информационные» (**I**), связи категории **M** разделены на связи «вещественные» (**S**) и «энергетические» (**E**), связи категории **I** – на подкатегории «связи по данным» (**D**) и «связи по управлению» (**C**).

В данном конкретном случае (см. рис. 1) средства обслуживания и услуги РТРС, такие как телевизионный сигнал, рассматриваются в качестве связей вида **S**. К связям вида **C** относятся руководящие указания администрации различного уровня и документы, по которым проводятся сервисные работы. Связи вида **D** разделены на следующие подвиды: заказ, финансовая информация, отчёты о проделанной работе, сервисные данные (в том числе информация о состоянии вещательного узла).

В модели системы сервисного обслуживания должны быть отражены субъекты и объекты сервиса. Субъектами сервиса телерадиосети являются специальное подразделение сервисного обслуживания (ПСО), а также дежурные специалисты филиала РТРС. ПСО выполняет сервисные функции, к которым относятся сервисные работы большой периодичности; работы, требующие особой квалификации и оборудования; ликвидация крупных аварий; замена крупных частей на объекте сервисного обслуживания. Объектом сервиса является типовой участок телерадиосети, состоящий из антенно-мачтового сооружения (АМС), антенно-фидерных устройств (АФУ), приёмно-передающих устройств (ППУ), линий связи (ЛС). Для удобства моделирования данный объект именуется «вещательным узлом (ВУ)».

Далее, в соответствии с алгоритмом УФО-анализа, строится контекстная диаграмма ФГУП РТРС. На следующем этапе осуществляется декомпозиция контекстной диаграммы с учетом центрального управления РТРС, консолидированных складов и филиалов РТРС. При рассмотрении филиала РТРС с точки зрения сервисного обслуживания целесообразно выделить в нём три структурных элемента. Это непосредственно «ПСО» филиала, а также «Управление филиалом» и «ВУ». Примеры диаграмм см. рис. 2 и рис. 3.

При этом необходимо отметить, что в настоящее время в результате стремительного развития компьютерных технологий образовался значительный разрыв между быстро прогрессирующими способами практического анализа, визуального графического моделирования и проектирования организационных и информационных систем и медленно развивающимися методами их математического описания. В рамках CASE-технологии повсеместно используются соединение, разъединение и всякого рода преобразования элементов визуальных графоаналитических моделей, представляющих, в частности, бизнес-системы и бизнес-процессы. Однако, пока, нет моделей, формально описывающих эти массовые операции, составляющие основу множества компьютерных технологий [4].

Формальное описание визуальных графоаналитических моделей, несомненно, повысило бы эффективность их использования в целях рационализации (оптимизации) бизнес-процессов и организационных систем. Однако, данная задача не имеет на сегодняшний день удовлетворительного решения.

При этом авторами в работе [2] предложен вариант решения данной задачи с использованием концептуальных положений теории паттернов Гренандера, опирающийся на то, что «... Гренандер создал основы теории логических шаблонов, моделирующих открытые объекты и состоящие из них открытые системы» [4, с. 36], к которым, без сомнения, относятся и системы организационные.

В рамках применяемого системно-объектного подхода система представляет собой триединую сущность, которая характеризуется одновременно конкретным узлом в структуре надсистемы, классом функций, балансирующих данный узел, и классом объектов, реализующих данные функции [5].

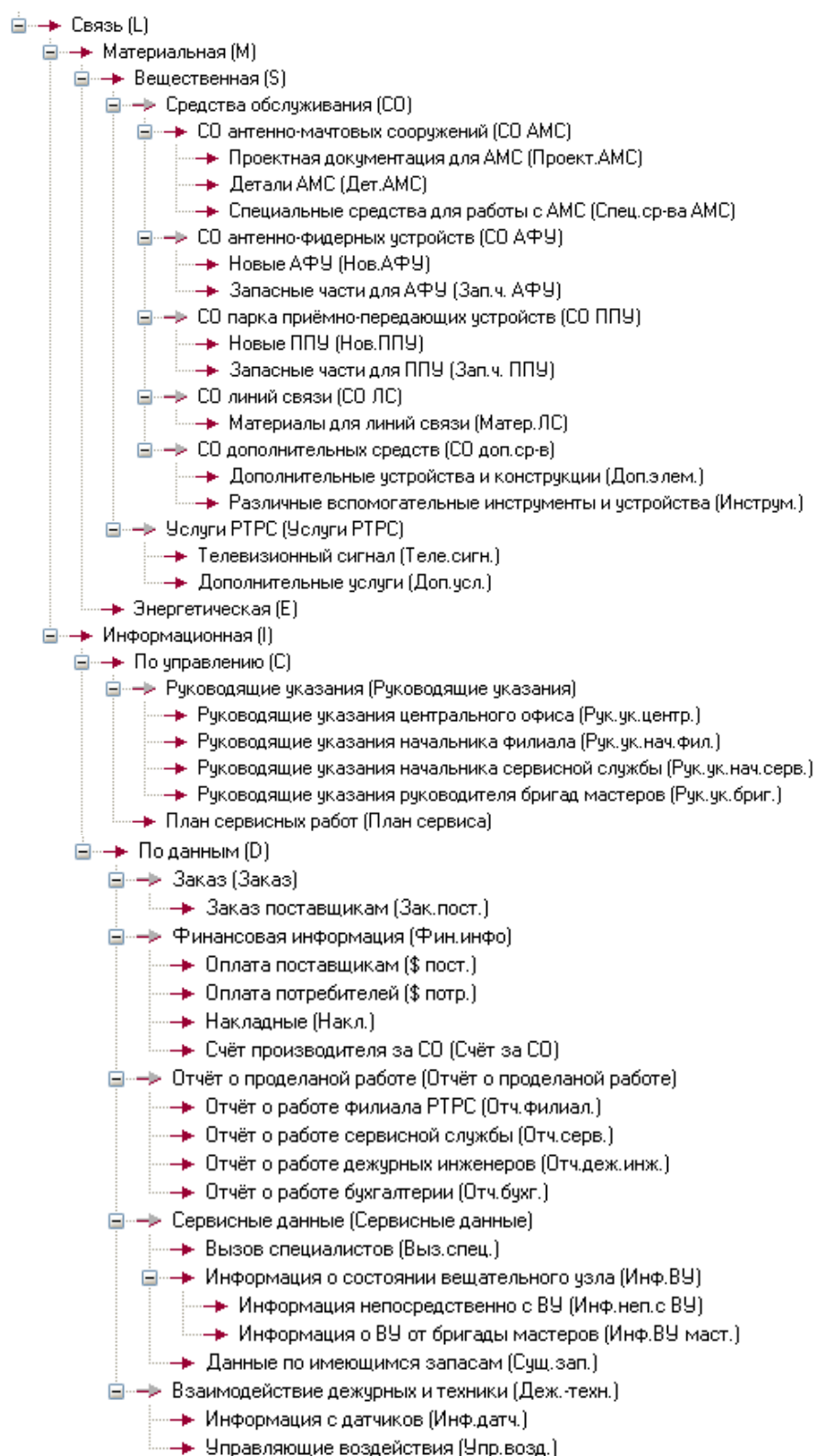


Рис. 1. Классификация связей обслуживания РТРС

При таком подходе система формально может быть представлена как картеж:

$$S = \langle (L_t, L_n), (F_{L_t}(L_n)), (Pt_{L_t}, Pn_{L_n}) \rangle,$$

где L_t – множество выходных и L_n – множество входных связей, характеризующих узел, который занимает система S ; $F_{L_t}(L_n)$ класс функций, балансирующих данный узел, т.е. способов или процедур преобразования входных связей L_n в выходные связи L_t ;

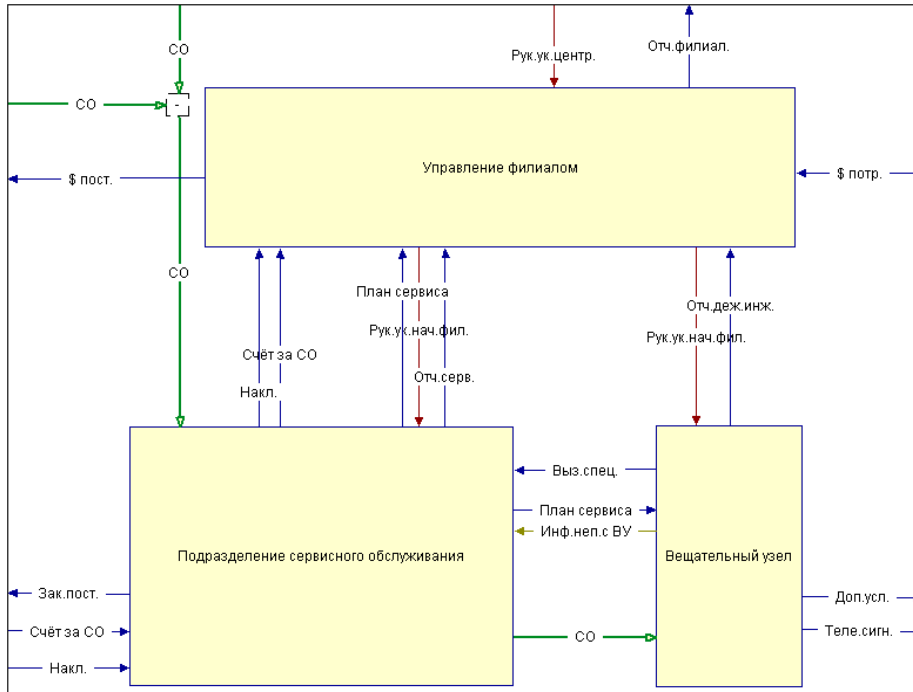


Рис. 2. Структура филиала РТРС

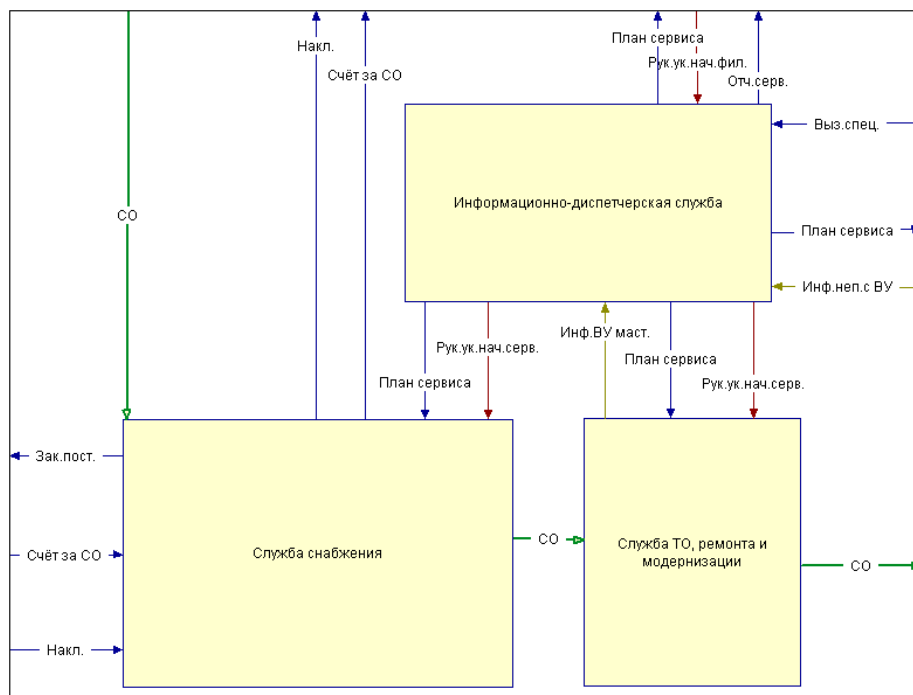


Рис. 3. Структура подразделения сервисного обслуживания

Pt_{L_t} – множество выходных портов для выходных связей L_t и Pn_{L_n} – множество входных портов для входных связей L_n класса объектов, реализующих данный класс функций.

В теории же паттернов Гренандера в качестве паттерна первого уровня рассматривается образующая, которая понимается как именованный объект, обладающий некоторыми признаками α , а также входящими и выходящими связями (в свою очередь характеризующимися некоторыми показателями β). При этом образующая рассматривается в виде некоторого графического формализма [3].

Представление системы в виде УФО-элемента согласуется, таким образом, с представлением образующей в теории паттернов. Это обусловлено тем, что можно

рассматривать экземпляры классов (Pt_{L_2} , Pn_{L_1}) и $F_{L_2}(L_1)$ как признаки образующей, а L_1 и L_2 как связи, показатели которых есть типы L .

Таким образом, система, как экземпляр УФО-элемента, представляемая как образующая g_i , имеет вид (для бинарного случая):

$$g_i = \langle (L^i_2, L^i_1), (F^i_{L_2}(L^i_1)), (Pt^i_{L_2}, Pn^i_{L_1}) \rangle.$$

Теория паттернов предполагает наличие источника, генерирующего множество образующих $G = \{g_i\}$. Кроме того, в данной теории рассматриваются преобразования подобия, т.е. отображения G в себя, не выводящие образующую из своего класса. Преобразование подобия имеет вид: $f: G \rightarrow G$; $f(g_i) = g_j$ и используется для формализации понятия «сходства» образующих. Конкретный вид f определяется конкретной предметной областью анализа и моделирования и представляет собой полугруппу или группу преобразований [3]. В нашем случае (т.е. с учетом представления системы как трехэлементной конструкции «узел», «функция» и «объект») следует говорить о трех видах преобразования подобия: f_u - преобразование относительно узла; f_f - преобразование относительно функции; f_o - преобразование относительно объекта. При этом из определения УФО-элемента следует, что $f_o \subset f_f \subset f_u$.

Дальнейшая формализация визуальных графоаналитических системно-объектных моделей, представляющих организационные системы в виде взаимосвязанных УФО-элементов, основана на том, что в теории паттернов это соответствует составлению из образующих паттернов второго уровня - конфигураций. На основании правил и ограничений на допустимые комбинации образующих выделяется множество R регулярных конфигураций. Для построения регулярных конфигураций из образующих (или других конфигураций) используется бинарный оператор, обеспечивающий попарное присоединение связей образующих в соответствии с их показателями. Этот оператор является основой алгебраического аппарата, используемого в рамках данной теории [3].

Необходимо учесть, что в теории паттернов любая конфигурация z определяется структурой, которая в нашем случае (в терминах УФО-элементов) характеризуется соединением узлов, а также составом, который в нашем случае характеризуется функциональными объектами (функциями и объектами) образующих. Тогда, если для двух образующих (конфигураций) z_1 и z_2 существуют множества $V(z_1)$ и $V(z_2)$, элементы которых являются внешними связями соответствующих образующих (конфигураций), то из связей, составляющих названные множества, можно образовать список σ_{12} попарных соединений этих связей. Объединенную конфигурацию (комбинацию образующих) обозначают через $z_1\sigma_{12}z_2$, причем (в соответствии с принятой в теории паттернов манерой обозначений [3]):

$$\begin{aligned} \text{состав } (z_1\sigma_{12}z_2) &= \text{состав } (z_1) \cup \text{состав } (z_2), \\ \text{структура } (z_1\sigma_{12}z_2) &= \text{структура } (z_1) \cup \text{структура } (z_2) \cup \sigma_{12}. \end{aligned}$$

В случае системно-объектного моделирования можно образовать список попарных соединений и получить объединенную конфигурацию, используя ограничения на допустимые комбинации УФО-элементов и способ построения конфигураций, которые задаются с помощью правил системной декомпозиции [2, 5, 6].

При этом первое и самое очевидное ограничение задается правилом присоединения (ПП): элементы должны присоединяться друг к другу в соответствии с качественными характеристиками присущих им связей.

Правило присоединения, однако, не задает всех характеристик конкретной конфигурации, а определяет только класс конфигураций, сходных структурно. Для введения возможности различать эти конфигурации между собой, должны быть заданы ограничения, позволяющие на данной структуре регулярной конфигурации определить конкретные характеристики ее функционирования и состава. Для этого используется правило баланса (ПБ), состоящее в том, что при присоединении элементов друг к другу, в соответствии с ПП, должен обеспечиваться баланс «притока» и «оттока» по входящим и выходящим функциональным связям. А также используется правило реализации (ПР), состоящее в том, что при присоединении элементов друг к другу, в соответствии с ПП и ПБ должно быть обеспечено соответствие интерфейсов и количественных объектных характеристик функциональным. [5, 6] Данные правила целесообразно рассматривать как условия выполнения так называемого оператора присоединения $\dot{\cup}$, составляющего основу алгебраического аппарата теории паттернов [3].

В теории паттернов на множестве R регулярных конфигураций задается правило идентификации \dot{R} , которое «дает интерпретацию регулярной конфигурации в категориях ее функционирования» и представляет собой отношение эквивалентности между регулярными конфигурациями, позволяющее рассматривать их как идентичные. Классы эквивалентности, индуцированные на множестве регулярных конфигураций, рассматриваются как «изображения» и обозначаются через I . Конфигурации в теории рассматриваются как формулы, а изображения – как функции. «Они (изображения) выражают значения формул, и, естественно, одной функции могут соответствовать несколько формул». При этом «изображение должно содержать информацию относительно несоединенных (внешних) связей конфигурации» [3].

С точки зрения предмета и задач системно-объектного моделирования предлагается рассматривать три правила идентификации и три правила определения, таким образом, классов эквивалентности на множестве регулярных конфигураций. Во-первых, правило \dot{R}_u , которое позволяет идентифицировать (определить) класс конфигураций эквивалентных по своим внешним связям, т.е. по узлам соответствующих им УФО-элементов. Во-вторых, правило \dot{R}_f , которое позволяет идентифицировать (определить) класс конфигураций эквивалентных по своим функциональным характеристикам, т.е. по функциям соответствующих им УФО-элементов. В-третьих, правило \dot{R}_o , которое позволяет идентифицировать (определить) класс конфигураций эквивалентных по своим объектным характеристикам, т.е. по объектам соответствующих им УФО-элементов. При этом из определения узла, функции и объекта следует, что классы эквивалентности конфигураций находятся в таком соотношении: $\dot{R}_o \subset \dot{R}_f \subset \dot{R}_u$.

Сказанное позволяет рассматривать УФО-элемент, с точки зрения его узла (связей), без учета его функциональных и объектных характеристик, как изображение системы, соответствующей этому УФО-элементу. Это, в свою очередь, позволяет рассматривать контекстную модель любой системы, на которой представлены только ее внешние связи (взаимодействия), как изображение этой системы, которое может быть раскрыто путем ее декомпозиции с помощью различных конфигураций УФО-элементов.

Использование описанного выше аппарата при создании системно-объектной модели представляет собой, по сути дела, формализацию процесса построения такой модели, так как этот процесс осуществляется при этом в рамках формализованной процедуры, управляемой четко определенными шагами.

Рассмотрим данную процедуру на примере системно-объектного моделирования сервисного обслуживания телерадиосети. Шаги такой формализованной процедуры могут быть представлены следующим образом:

1). Контекстное представление моделируемой (проектируемой) системы, описывающее требования к ней в виде входящих и выходящих связей (характеристик узла соответствующего УФО-элемента), с точки зрения теории паттернов является представлением этой системы в виде изображения I . При этом для данного изображения моделируемой системы должен выполняться оператор присоединения \dot{U} этой системы как УФО-элемента к контекстным связям (в общем случае с учетом и узловых, и функциональных, и объектных характеристик моделируемой системы, задаваемых контекстными связями, т.е. с учетом всех условий ПП, ПБ и ПР).

С точки зрения моделирования ПСО ФГУП РТРС, на данном шаге оно может быть описано как изображение множеством входящих и выходящих связей (обозначения связей см. рис. 1, контекстное представление ПСО см. рис. 2):

$$V(ПСО)_1 = \{ \text{Счёт за СО, Накл., СО, Рук.ук.нач.фил., Выз.спец., Инф.неп.с ВУ; Зак.пост., Накл., Счёт за СО, План сервиса, Отч.серв., План сервиса, СО} \}.$$

2). Выбор определенного изображения системы, фиксирует класс \check{R}_u -эквивалентности конфигураций, соответствующих данному изображению. В рамках выбранного класса \check{R}_u конфигураций с заданными изображением внешними связями может производиться преобразование подобия f_u относительно данного изображения как узла, которое приводит к сужению данного класса и его конкретизации.

При этом использование оператора присоединения \dot{U} (с учетом условия ПП) обеспечивает декомпозицию системы в виде изображения и представление ее уже в виде комбинации конкретных узлов (УФО-элементов, определенных на уровне узлов), т.е. в виде \check{R}_{u_i} конфигурации, являющейся подклассом в классе \check{R}_u -эквивалентности.

С точки зрения моделирования ПСО, на данном шаге оно может быть описано в виде конфигурации, состав и структура которой в терминах теории паттернов могут быть определены следующим образом (см. рис. 3):

$$\begin{aligned} \text{состав (ПСО)} &= \text{состав (ИДС)} \cup \text{состав (СС)} \cup \text{состав (СТОП)}, \\ \text{структура (ПСО)} &= \text{структура (ИДС)} \cup \text{структура (СС)} \cup \text{структура (СТОП)} \cup \sigma(\text{ИДС, сс}) \\ &\quad \cup \sigma(\text{идс, стор}) \cup \sigma(\text{сс, стор}), \end{aligned}$$

где ИДС - Информационно- диспетчерская служба; СС - Служба снабжения; СТОП - Служба ТО, ремонта и модернизации.

Если состав и структура ПСО (с учетом условия ПП) определены верно, то будет выполняться следующее равенство:

$$\begin{aligned} V(ПСО)_1 &= (V(\text{ИДС}) \cup V(\text{СС}) \cup V(\text{СТОП})) \setminus \\ &\quad (\sigma(\text{ИДС, СС}) \cup \sigma(\text{ИДС, СТОП}) \cup \sigma(\text{СС, СТОП})). \end{aligned}$$

3). В рамках полученного подкласса \check{R}_{u_i} конфигураций может производиться преобразование подобия f_u уже относительно внутренних узлов этой конфигурации. При этом использование оператора присоединения \dot{U} (с учетом условия ПБ) при осуществлении преобразования подобия f_u обеспечивает уточнение полученной на предыдущем шаге декомпозиции системы и представление ее уже в виде комбинации узлов с определенными функциями, т.е. в виде $\check{R}_{f_{ij}}$ конфигурации, являющейся подклассом в классе \check{R}_{u_i} .

При этом в соответствии с алгоритмом УФО-анализа данная конфигурация будет являться комбинацией образующих, рассматриваемых как УФО-элементы, у которых определены и узловые, и функциональные характеристики.

С точки зрения моделирования ПСО, получаемая на данном шаге конфигурация должна удовлетворять равенству:

$$F_{ПСО} |_{\sigma_{ИДС, СС, СТОП}} = F_{ИДС} \circ F_{СС} \circ F_{СТОП}.$$

Выполнение этого равенства обеспечивается соблюдением выполнения равенства:

$$F(ПСО) = (F(ИДС) \cup F(CC) \cup F(СТОП)) \setminus (\text{Dom}(ИДС_n) \cap \text{Im}(ИДС_t) \cap \text{Dom}(CC_n) \cap \text{Im}(CC_t) \cap \text{Dom}(СТОП_n) \cap \text{Im}(СТОП_t)),$$

где $\text{Dom}(ИДС_n)$, $\text{Dom}(CC_n)$, $\text{Dom}(СТОП_n)$ – области определения функций соответствующих УФО-элементов на их входах; $\text{Im}(ИДС_t)$, $\text{Im}(CC_t)$, $\text{Im}(СТОП_t)$ – области значений функций соответствующих УФО-элементов на их выходах; $F(ИДС)$, $F(CC)$, $F(СТОП)$ – множество функциональных характеристик соответствующих УФО-элементов ($F(ИДС) = \text{Dom}(ИДС_n) \cup \text{Im}(ИДС_t)$; $F(CC) = \text{Dom}(CC_n) \cup \text{Im}(CC_t)$; $F(СТОП) = \text{Dom}(СТОП_n) \cup \text{Im}(СТОП_t)$).

4). Полученный на предыдущем шаге более конкретный подкласс \check{R}_ϕ^{ij} конфигураций (в классе \check{R}_ϕ -эквивалентности) может быть еще более конкретизирован путем проведения преобразования подобия f_ϕ теперь относительно определенных на предыдущем шаге функций внутренних узлов конфигурации с помощью оператора присоединения \check{U} (с учетом условия ПР). При этом в соответствии с алгоритмом УФО-анализа функциональным узлам (УФО-элементам определенным на уровне узлов и функций) \check{R}_ϕ^{ij} конфигурации, полученной на предыдущем шаге, будут приписываться соответствующие функциональным узлам типы функциональных объектов. В результате данная конфигурация станет комбинацией полноценных образующих (УФО-элементов с определенными узлами, функциями и объектами) и может рассматриваться как подкласс \check{R}_o^{ijk} конфигураций (подкласса \check{R}_ϕ^{ij}) в классе \check{R}_o -эквивалентности.

С точки зрения моделирования ПСО, получаемая на данном шаге конфигурация, должна удовлетворять равенству:

$$O(ПСО) = (O(ИДС) \cup O(CC) \cup O(СТОП)) \setminus (\text{Pn}(ИДС_n) \cap \text{Pt}(ИДС_t) \cap \text{Pn}(CC_n) \cap \text{Pt}(CC_t) \cap \text{Pn}(СТОП_n) \cap \text{Pt}(СТОП_t)),$$

где $\text{Pn}(ИДС_n)$, $\text{Pn}(CC_n)$, $\text{Pn}(СТОП_n)$ – множество входных портов соответствующих УФО-элементов; $\text{Pt}(ИДС_t)$, $\text{Pt}(CC_t)$, $\text{Pt}(СТОП_t)$ – множество выходных портов соответствующих УФО-элементов; $O(ИДС)$, $O(CC)$, $O(СТОП)$ – множество объектных (субстанциальных) характеристик соответствующих УФО-элементов ($O(ИДС) = \text{Pn}(ИДС_n) \cup \text{Pt}(ИДС_t)$; $O(CC) = \text{Pn}(CC_n) \cup \text{Pt}(CC_t)$; $O(СТОП) = \text{Pn}(СТОП_n) \cup \text{Pt}(СТОП_t)$).

5). При расстановке экземпляров реальных объектов в соответствии с УФО-элементами, представленными в полученной на 4-м шаге модели, происходит преобразование последнего подкласса \check{R}_o^{ijk} конфигураций (в классе \check{R}_o -эквивалентности) в образующую-экземпляр \check{R}_o^{ijkq} этого подкласса (путем проведения преобразования подобия f_o). Однако, это относится уже не к процессу моделирования или проектирования, а к процессу реализации системы.

Таким образом, процесс системно-объектного моделирования (проектирования) системы может быть описан с помощью оператора присоединения \check{U} (с условиями ПП, ПБ и ПР), а также преобразований подобия f_y , f_ϕ и f_o как построение конфигураций из образующих, входящих в \check{R}_y , \check{R}_ϕ и \check{R}_o вложенные классы эквивалентности.

Показанное сходство образующей и конфигурации теории паттернов Гренандера с УФО-элементом и УФО-моделью системно-объектного моделирования, а также возможность представления с их помощью явлений, происходящих в организационных системах (в частности, в рамках сервисного обслуживания), позволяют утверждать о правильности выбранного математического аппарата и целесообразности дальнейшей формализации средствами теории паттернов процедур системно-объектного моделирования и, в частности, путем адаптации (*алгебры изображений* [3]) к содержательным и формальным положениям системно-объектного моделирования.

Таким образом, средствами представляемой компьютерной информационной технологии строится визуальная графоаналитическая модель системы сервисного обслуживания телерадиосети в виде иерархии диаграмм, на которых структура, функционирование и состав сервисной службы представлены в виде УФО-элементов. С по-

мощью данной модели и формальных средств теории паттернов формализуется и автоматизируется процедура регламентации деятельности подразделений и сотрудников, обеспечивающих сервисное обслуживание вещательного узла РТРС.

Литература

1. Трубицин С.Н. О задаче создания логистической системы сервисного обслуживания телерадиовещательной сети [Текст] / С.Н. Трубицин // Научные ведомости БелГУ. Серия «Информатика и прикладная математика». – 2006. – № 2(31), вып. 3. – С. 98-106.

2. Маторин С.И. Проектирование логистического сервисного обеспечения телерадиовещательной сети на основе системного подхода «Узел-Функция-Объект» [Текст] / С. И. Маторин, С.Н. Трубицин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2007. – №2. – С. 150-159.

3. Гренандер У. Лекции по теории образов. 1 Синтез образов. [Текст] / У. Гренандер; пер с англ. – М.: Мир, 1979. – 384с.

4. Шуткин Л.В. Новое мышление компьютерного мира [Текст] / Л.В. Шуткин // НТИ Сер. 2. – 1998. – №1. – С. 35-40, 18.

5. Маторин С.И. Анализ и моделирование бизнес-систем: системологическая объектно-ориентированная технология [Текст] / С.И. Маторин; предисл. Э.В. Попова. – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – 322с.

6. Маторин С.И. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» [Текст] / С.И. Маторин, А.С. Попов, В.С. Маторин // НТИ. Сер. 2. – 2005. – №1. – С. 1-8.

Исследования поддержаны грантом 08-07-00112

FORMALIZATION OF SYSTEM–OBJECT VISUAL MODELS OF SERVICING OF TELEVISION AND RADIO NETWORK

S.N. TRUBITSIN¹⁾

S.I. MATORIN²⁾

O.A. ZIMOVETS³⁾

A.G. ZHIKHAREV⁴⁾

¹⁾ *Federal state-owned enterprise
"Russian television and radio
broadcasting network"*

^{2, 3, 4)} *Belgorod state university
e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

The problem of development of conceptual means of the system-objective approach "Unit-Function-Object" taking into account features of service systems and processes solve, and also formal means of the system-object analysis on the basis of the mathematical patterns theory of Grenandera develop. Thus is under construction visual graphic-analytical model of logistical business processes of service by means of especially developed CASE-tools «UFO-toolkit».

Key-word: visual graphic-analytical modeling, servicing of television and radio network, system-object approach, pattern theory.

ОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ И РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕСОВ ПРИЗНАКОВ И РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЕЙ КЛАССОВ

Е.М. МАМАТОВ

Белгородский государственный университет
e-mail: : Mamatov@bsu.edu.ru

В статье рассматривается программно-алгоритмическая информационная технология, использующая созданный в рамках данной работы вариационный алгоритм автоматической классификации объектов с использованием, предложенного авторами работы, нового функционала качества разбиения, основанного на мере однородности. Также в рамках данной работы рассматривается реализация алгоритма вычисления оценок с использованием весов признаков и репрезентативностей классов

Ключевые слова: автоматическая классификация объектов, распознавание образов, алгоритмы вычисления оценок.

При решении задач, связанных с необходимостью проведения начального анализа данных, получаемых в результате проведения вычислительных экспериментов или в результате наблюдения различных процессов и явлений, используют методы и алгоритмы классификации объектов и распознавания образов. Большинство таких методов и алгоритмов реализовано в информационных системах классификации и распознавания объектов, необходимым элементом которых является человек (исследователь). Основная функция исследователя заключается в управлении процессом работы алгоритмов, то есть задание и корректировка свойств классов (границы, максимально возможное количество классов, выделение одного объекта в отдельный класс как прецедент, и.т.д.), что приводит этот вид систем к классу автоматизированных.

На рис.1 отображена схема функциональной структуры программно-алгоритмической системы классификации и распознавания образов, которая решает следующие задачи:

- 1) задача обработки входной информации;
- 2) задача классификации объектов;
- 3) задача распознавания образов;
- 4) задача оценки устойчивости работы алгоритмов;
- 5) задача визуализации результатов работы алгоритмов.

Структура выполнена в виде SADT диаграммы.

На рис.1 отражена подсистема, выполняющая функцию оценки устойчивости работы алгоритмов, получая выходные данные которой исследователь имеет возможность принимать решение о дальнейшем использовании результатов работы алгоритмов классификации объектов и распознавания образов.

Подсистема обработки входной информации выполняет следующие функции:

- 1) обработки информации с клавиатуры и занесение ее в таблицу свойств объектов;
- 2) приема с клавиатуры параметров классификации объектов и распознавания образов;
- 3) открытия и обработки таблицы свойств объектов из *dbf*-файла;
- 4) выбора признакового пространства из наиболее информативных признаков.

Подсистема визуализации результатов работы алгоритмов выполняет функцию подготовки отчета, который содержит информацию о распределении объектов по классам в табличном виде, если количество признаков больше двух. Если количество признаков объектов равняется двум, то отчет может содержать точечный график рас-

пределения объектов по классам, при чем объекты отдельного класса окрашиваются в определенный цвет.

Подсистема классификации объектов содержит автоматическую процедуру, реализующую вариационный алгоритм.

При реализации автоматических процедур классификации возникает необходимость количественной оценки (критерия) качества разбиения [1,2].

Такой критерий по необходимости должен учитывать много факторов, которые описываются на эвристическом уровне с использованием вербальных (качественных) моделей [3].

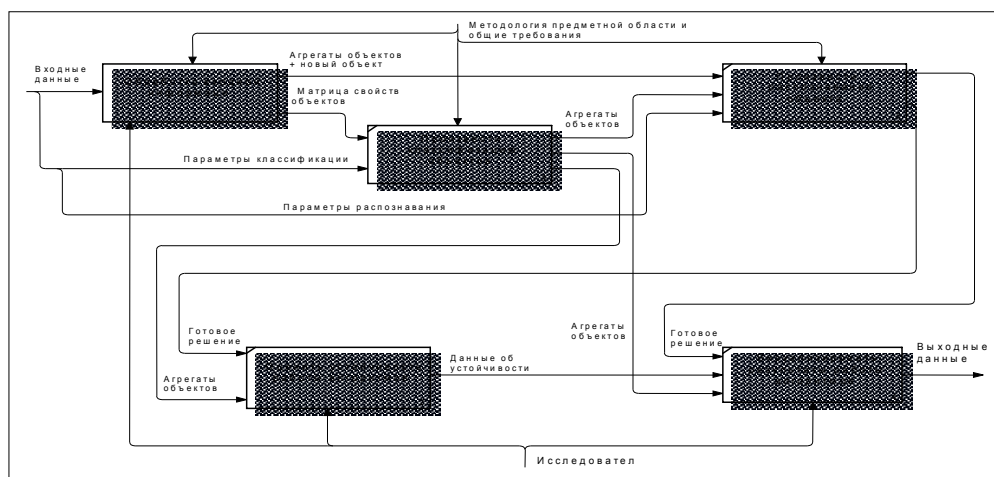


Рис. 1. Схема функциональной структуры программно-алгоритмической системы классификации и распознавания образов

В работе [4] отмечается важность однородности (равномерности) разбиения исходного множества на классы как в смысле отсутствия скачков “плотности” элементов внутри каждого класса, так и в смысле примерного равенства количества элементов в каждом классе.

В рамках настоящей работы при разбиении элементов предлагается кроме этого обеспечивать равномерность в смысле однородности расстояний между геометрическими центрами тяжести классов и однородности максимальных расстояний между объектами одного и того же класса (размеров классов).

Уточним постановку задачи классификации. Пусть исходное множество содержит M элементов, которые необходимо разбить на K классов. В дальнейшем M_q означает мощность q -ого подмножества, так что

$$\sum_{q=1}^K M_q = M \quad (1)$$

Для характеристики однородности и разбиения введем функционал

$$L = \frac{D \cdot H}{G \cdot R}, \quad (2)$$

где D - мера однородности расстояний между центрами тяжести классов; H - мера однородности количества элементов в классах; G - мера однородности расстояний между элементами одного и того же класса; R - Мера однородности максимальных расстояний между объектами одного и того же класса.

Максимальное значение функционала (2) будет соответствовать наилучшей степени качества разбиения исходного множества на подмножества.

Поэтому для меры D предлагается на основе работы [5] использовать представление вида

$$D = - \frac{\sum_{q=1}^K \sum_{l=q+1}^K \mu_{q,l} \cdot \text{Ln}(\mu_{q,l})}{\text{Ln}(K(K-1)/2)}, \quad (3)$$

где

$$\mu_{q,l} = \frac{Y_{q,l}}{\sum_{i=1}^K \sum_{j=i+1}^K Y_{i,j}}, \quad (4)$$

где $Y_{q,l}$ - расстояние между геометрическими центрами тяжестей q -ого и l -ого классов.

Будет иметь место $D_{\max} = 1$ когда все расстояния между геометрическими центрами тяжести классов будут равны, и следовательно будет иметь место $D_{\min} = 0$ когда $K=1$.

Для меры H предлагается использовать представление

$$H = - \frac{\sum_{q=1}^K m_q \cdot \text{Ln}(m_q)}{\text{Ln}(K)}, \quad (5)$$

где $m_q = \frac{M_q}{M}$.

Будет иметь место $H_{\max} = 1$ когда количества элементов в классах будут равны, и следовательно будет иметь место $H_{\min} = 0$ когда в одном классе будут содержаться все элементы исходного множества, а в остальных ни одного.

Мера G определяется соотношением

$$G = 1 + \frac{1}{K} \sum_{q=1}^K \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_q-1} \rho_{iq} \cdot \text{Ln}(\rho_{iq})}{\text{Ln}(M_q - 1)} \right), \quad (6)$$

где

$$\rho_{iq} = \frac{r_{iq}}{R_q}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{M_q-1} r_{iq} = R_q, \quad (8)$$

R_q - общая длина внутренних ребер q -го подмножества, а r_{iq} - длина i -ого ребра в q -ом подмножестве ($i=1, \dots, M_q-1$). Ребра получаются путем построения минимального остовного дерева для каждого класса.

Ввиду того, что G находится в знаменателе функционала будет иметь место $G_{\max} = 1$ при максимальной неоднородности внутриклассовых расстояний и $G_{\min} = 0$ когда однородность внутриклассовых расстояний буде наилучшей.

Мера R по аналогии с мерой G имеет представление

$$R = 1 + \frac{\sum_{q=1}^K \lambda_q \cdot \text{Ln}(\lambda_q)}{\text{Ln}(K)}, \quad (9)$$

где

$$\lambda_q = \frac{R_{\max,q}}{\sum_{i=1}^K R_{\max,i}}, \quad (10)$$

где $R_{\max,q}$ - максимальное из расстояний между самыми дальними элементами q - ого класса .

Будет иметь место $R_{\min} = 0$ когда максимальные расстояния между самыми дальними элементами каждого из классов будут равны, и следовательно будет иметь место $R_{\max} = 1$ когда в одном классе будут содержаться все элементы исходного множества, а в остальных ни одного.

На практике предельные случаи мер (3), (5), (6), (9) при большом количестве объектов в исходном множестве встречаются довольно редко.

Так как наилучшему разбиению исходного множества объектов будет соответствовать максимальное значение функционала (2), то для реализации процедуры классификации необходим вариационный алгоритм, основанный на разрезании графа.

Исходные данные данного алгоритма, как и для многих алгоритмов классификации, представляются в виде таблицы «Объекты-свойства» (ТОС).

Выходные данные алгоритма представляют собой структурированную таблицу «Объекты – свойства», то есть с указанием принадлежности каждого объекта к одному из классов.

Таким образом, на основе исходной таблицы «Объекты – свойства» вычисляется матрица расстояний с использованием расстояния Евклида.

На следующем этапе по матрице расстояний осуществляется объединение элементов друг с другом по принципу ближайшего соседа. В этом случае на исходном множестве при помощи алгоритма Р.Прима строится кратчайший незамкнутый путь (КНП) или, по-другому, минимальное остовое дерево. Минимальное остовое дерево представляет собой взвешенный граф без петель, вершинами которого являются агрегируемые элементы, а ребра проведены только между ближайшими относительно друг друга элементами. В результате КНП соединяет все элементы исходного множества, и при этом сумма длин входящих в КНП ребер является минимальной из всех возможных. На рис.2 представлен результат работы алгоритма Р.Прима в двухмерном признаковом пространстве.

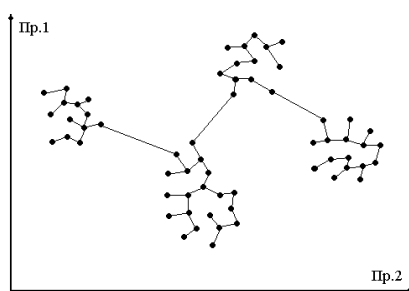


Рис. 2. Результат работы алгоритма Р. Прима

Далее необходимо предусмотреть оценку граничного случая, при котором все объекты принадлежат одному классу, то есть все объекты в заданном признаковом пространстве находятся друг от друга на одинаковых расстояниях.

В таких случаях все ребра КНП равны. Для этого следует вычислить и запомнить значение функционала L (2) при $D=H=R=1$, а значение меры G вычисляется по выражению

$$G = 1 + \frac{\sum_{i=1}^{M-1} \rho_i \cdot \ln(\rho_i)}{\ln(M-1)}, \quad (11)$$

$$\rho_i = \frac{r_i}{R_q}, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^M r_i = R_q, \quad (13)$$

где R_q - общая длина внутренних ребер КНП, а r_i - длина i -ого ребра в КНП ($i=1, \dots, M-1$).

Следующим этапом работы алгоритма будет поиск и «разрезание» в КНП самого длинного ребра. Таким образом, мы получим из исходного КНП два поддерева, соответствующих двум классам (см. рис.3).

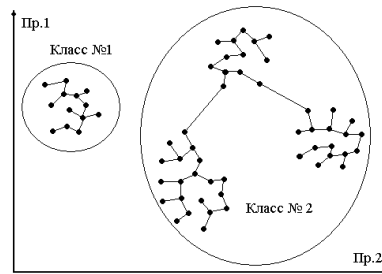


Рис. 3. Два поддерева, соответствующие двум классам

На основе полученного разбиения вычислим функционал L (2), содержащий компоненты D , H , R и G .

Мера D вычисляется согласно выражений (3) и (4), где $Y_{1,2}$ определяется как расстояние между геометрическими центрами тяжести между 1 и 2 классами (см. рис. 4). На данном шаге мера D будет равна нулю, так как расстояние между классами будет одно (приграничный случай). Поэтому в данном случае положим $D=1$ для исключения влияния этой меры на значение функционала.

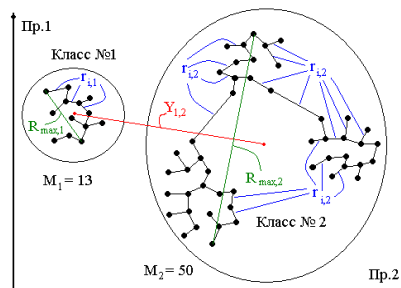


Рис. 4. Данные для вычисления функционала

Мера H вычисляется с помощью выражения (5) при известных M_1 и M_2 (см. рис. 4).

Мера R вычисляется согласно выражения (9) при известных $R_{\max,1}$ и $R_{\max,2}$.

Мера G определяется согласно выражений (6), (7) и (8).

Таким образом, вычисленное значение функционала L сравнивается с предыдущим значением, и если настоящее значение больше предыдущего то принимается разбиение на два поддерева, а если нет, то происходит перебор максимальных ребер и разбиение на поддерева до тех пор, пока не увеличится значение функционала качества разбиения. Если увеличение функционала не произошло, то происходит отказ от разбиения и алгоритм прекращает свою работу.

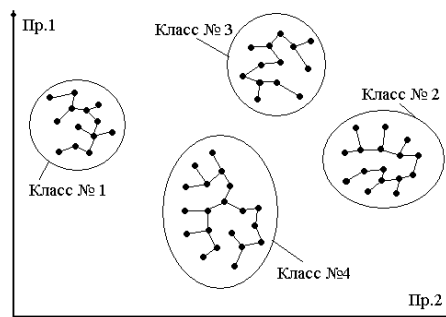


Рис. 5. Результат работы алгоритма

Следующим шагом алгоритма будет поиск среди поддеревьев максимального ребра и его последующее «разрезание» с оценкой функционала качества разбиения.

Алгоритм прекратит свою работу после того как будет найден глобальный максимум функционала и последующие попытки разрезания ребер поддеревьев не приведут к увеличению значения L . Для КНП, представленного в качестве примера, максимальное значение функционала качества разбиения будет соответствовать ситуации изображенной на рис. 5

Разработанные в рамках настоящей работы вариационный алгоритм автоматической классификации и новый функционал качества классификации объектов, как показали проведенные эксперименты, наилучшим образом классифицируют исходные множества объектов с точки зрения человеческих предпочтений.

Данный алгоритм был реализован с помощью среды программирования DELPHI 7 и зарегистрирован в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Подсистема распознавания образов. В общем случае задачей распознавания образов является задача отнесения объекта исследования, характеризующегося вектором значений признаков, к одному из априорно заданных классов объектов, существующих в некотором признаковом пространстве.

Одним из этапов решения всех видов задач распознавания образов является формирование признакового пространства, то есть его качественного состава и размерности. О необходимости формирования достаточно информативного словаря признаков излагается в работе [6]. Признаковое пространство должно подбираться таким образом, чтобы каждый признак обладал достаточной для решения задачи разделительной способностью при как можно меньшей размерности данного пространства. Уменьшение размерности признакового пространства при сохранении его различительной способности в целом необходимо для осуществления реализации алгоритмов распознавания образов на вычислительных машинах. В некоторых случаях размерность пространства признаков является критичной при машинной реализации процедур распознавания. Например, при реализации всевозможных вариационных методов или при реализации алгоритмов основанных на разрезании графов.

На практике встречаются случаи, когда априорный словарь признаков неизвестен, а представляется возможным получить только некоторую совокупность реализаций сигналов, характеризующих явления или процессы. В данных случаях возникает следующая задача: на основе совокупности сигналов, характеризующих некие классы объектов, определить и упорядочить признаки, приписывая больший вес признаку, несущему больше информации при различении объектов. Таким образом, зная информативность каждого признака можно сформировать словарь признаков, включая в него только признаки с наибольшим весом.

Таким образом, в рамках настоящей работы предлагается определять информационные веса количественных признаков исходя из следующих соображений.

Признак будет наиболее информативен в том случае, когда для классов (каждый из которых представлен одним объектом-прецедентом) все его значения будут

отстоять друг от друга на равных расстояниях. Информативность признака будет уменьшаться по ходу нарушения равномерного распределения значений признака. Если признак описывает классы, в каждом из которых будет больше чем один объект, то следует обратить внимание на расстояния между центрами классов относительно этого признака. Информационный вес признака будет наибольшим при одинаковых расстояниях между центрами классов, и будет уменьшаться при нарушении равномерного расположения центров классов (под центром класса, вычисленного относительно конкретного признака, следует понимать среднее значение признака по всем объектам данного класса).

Такое суждение об информативности признака можно обосновать следующим образом.

Рассмотрим два признака на рис. 6, один из которых имеет равномерное распределение центров классов “Признак 1”, а другой неравномерное “Признак 2”.

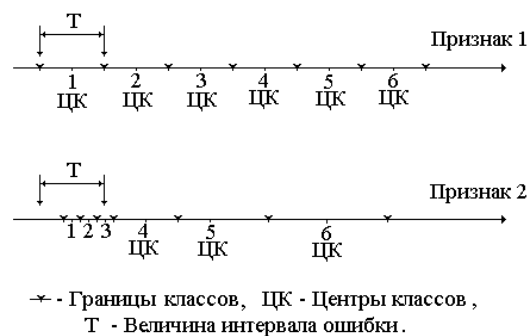


Рис. 6. Признаки, характеризующие объекты

Предположим, что для объекта 1-ого класса были получены значения признаков P_1 и P_2 (близкие к центрам классов) с некоторой ошибкой ζ ($T=(P_1+\zeta) - (P_1-\zeta) = (P_2+\zeta) - (P_2-\zeta) = 2\zeta$), тогда по 1-му признаку объект будет правильно отнесен к 1-му классу, а по 2-му признаку он может быть отнесен как к 1-му, так и ко 2-му, и к 3-му классам.

Таким образом, представляется возможным судить о том, что “Признак 1” более информативен чем “Признак 2”, и его информативность напрямую связана с равномерным распределением значений.

В связи с этим, предлагается использовать следующий подход для определения весов информативности количественных признаков.

Пусть $x_1^c, x_2^c, \dots, x_M^c$ значения центров классов признака, которые изменяются при переходе от одного класса к другому, тогда можно вычислить следующие величины:

$$\delta_k = \frac{\Delta_k}{\sum_{k=1}^{M-1} \Delta_k}, \quad k=1, \dots, M-1, \quad (14)$$

где Δ_{kj} - расстояние между соседними значениями центров классов признака

$$\Delta_k = x_{k+1}^c - x_k^c. \quad (15)$$

Следует заметить, что выполняется равенство

$$\sum_{k=1}^{M-1} \delta_k = 1. \quad (16)$$

Для вычисления веса признака предлагается использовать следующее выражение

$$V = -\sum_{k=1}^{M-1} \delta_k \ln \delta_k / \ln(M-1). \quad (17)$$



Следует подчеркнуть, что при применении выражения (17) значение V будет максимальным и равным 1 только тогда, когда $\Delta_k = const$, т.е. значения центров классов признака распределены равномерно, соответственно $V \rightarrow 0$ при выполнении условия :

$$\delta_k \rightarrow 0, \quad k = 1, \dots, M - 1, \quad k \neq m, \quad \delta_m \rightarrow 1, \quad (18)$$

где m -любой из номеров интервалов.

Такое поведение V соответствует интуитивному представлению об информационной различающей силе признаков.

Помимо значений весов признаков в некоторых алгоритмах распознавания используются значения репрезентативностей классов, например в алгоритмах вычисления оценок. Следует заметить то, что выбранная для исследования случайным образом из генеральной совокупности группа величин будет называться репрезентативной, если она наилучшим образом представляет всю генеральную совокупность в смысле соответствия выборочных параметров параметрам генеральной совокупности. В основном для определения численности репрезентативной выборки используются параметры генеральной совокупности, но при решении задачи определения репрезентативностей классов в алгоритмах вычисления оценок (АВО) информация о генеральной совокупности практически отсутствует. Поэтому, определить веса W_i репрезентативности (представительности) классов в рамках данной работы предлагается следующим образом.

Репрезентативность класса будет тем выше, чем больше объектов он содержит и при этом расстояния между ближайшими объектами в классе должны быть наиболее однородными. Например, такое утверждение справедливо для твердых тел неорганической природы. Действительно, каждое тело (класс) имеет свою кристаллическую решетку в узлах которых находятся атомы (объекты). Наличие структуры – кристаллической решетки говорит о том, что атомы находятся на равномерном расстоянии друг от друга. Естественно чем больше атомов в теле, расположенных в определенной последовательности, тем больше вес самого тела.

Для оценки равномерности расстояний между объектами в классе следует построить в выбранном признаковом пространстве конечный незамкнутый путь (КНП) или по другому минимальное остовое дерево. Зная расстояния между объектами, то есть длины ребер КНП можно определить репрезентативность класса объектов.

Таким образом, репрезентативность i -ого класса будет равна

$$W_i = - \sum_{r=1}^{K_i-1} \eta_r \ln \eta_r \quad (19)$$

где K_i - количество объектов в i -ом классе, а

$$\eta_r = \frac{R_r}{\sum_{r=1}^{K_i-1} R_r}, \quad k = 1, \dots, K-1, \quad (20)$$

где R_r - ребро КНП i -ого класса.

Следует отметить в (19) отсутствие нормировочного знаменателя $\ln(K-1)$, что дает возможность учесть не только равномерность (однородность) ребер КНП, но и их количество.

Таким образом, использование выражений (17) и (19) позволит реализовать АВО с определением весов признаков и репрезентативностей классов, что в свою очередь придаст данным алгоритмам определенную гибкость и позволит реализовать автоматические процедуры распознавания образов, так как присутствие экспертов для определения весов признаков и репрезентативностей классов будет исключено.

В рамках настоящей работы был проведен вычислительный эксперимент, целью которого являлась демонстрация работы алгоритмов вычисления оценок с использованием весов признаков и репрезентативностей классов, вычисленных по вы-

ражениям (17) и (19), и без их использования. Работа алгоритмов оценивалась относительно критерия, который можно назвать ошибкой распознавания.

Работа алгоритмов вычисления оценок с использованием весов признаков и репрезентативностей классов, вычисленных по выражениям (17) и (19), и без их использования при коэффициенте корреляции $R_k = 0,7$ и с разными значениями дисперсии $\delta_k^x = \delta_k^y$ показана в таблице №1.

Большинство алгоритмов и методов классификации объектов и распознавания образов основаны на эвристических принципах. Например, результат классификации будет лучше, если будет достигнута максимально возможная компактность объектов внутри классов, и классы будут находиться на максимально возможном расстоянии друг от друга. Для многих частных задач данные принципы могут быть и другими, в виду наличия всевозможных априорных ограничений в исходных данных.

Таблица 1

Результат работы алгоритмов вычисления оценок с использованием весов признаков и репрезентативностей классов (1) и без их использования (2)

Значения дисперсии $\delta_k^x = \delta_k^y$, при $R_k = 0,7$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол. правильно расп. объектов (1)	350	350	350	350	350	350	349	347	344	338
Кол. правильно расп. объектов (2)	350	350	350	350	348	346	344	340	337	333

Представляется возможным говорить о том, что применять алгоритмы классификации объектов необходимо для последующего решения задач распознавания образов, т.е. определять классы похожих друг на друга объектов, затем описывать обобщенные характеристики классов и, наконец, нераспознанный объект относить к тому или иному классу.

На основе информационных технологий, использующих алгоритмы классификации и распознавания, строятся информационные системы, которые называют системами распознавания с обучением.

Если рассматривать такие системы с точки зрения стратифицированного подхода, то их структуру можно представить в виде рис. 7.

В страте № 1 решается вопрос обучения системы, а в страте №2 непосредственно решается задача распознавания. Эти стратегии выделены по функциональному признаку.

Следует отметить то, что на каждой страте может использоваться свое описание, свои алгоритмы, свои модели, но система будет обладать эмерджентностью до тех пор, пока не изменятся ее свойства, принципы и концепция на верхней страте.

В настоящей работе предлагается использовать свойство однородности (равномерности), в обеих стратегиях рассматриваемой системы, для поддержания целостности.

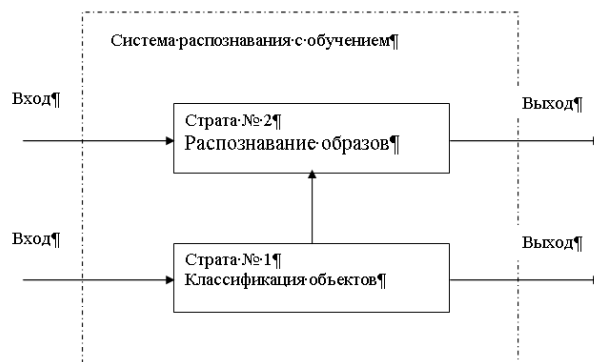


Рис. 7. Стратифицированное представление системы распознавания образов с обучением

То есть в рамках данной работы построено аналитическое выражение функционала качества разбиения, позволяющее количественно оценивать свойство однородности. Данное выражение применено в программно-алгоритмической информационной технологии, использующей созданный в рамках данной работы вариационный алгоритм автоматической классификации объектов с использованием, предложенного авторами работы нового функционала качества разбиения, основанного на мере однородности. Также в рамках данной работы рассмотрен вопрос реализации алгоритма вычисления оценок с использованием весов признаков и репрезентативностей классов.

Литература

1. Дюран, Н. Кластерный анализ [Текст] / Н. Дюран, П. Оделл; под общ. ред. Н. Дюрана. – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
2. Кропотов, Д.В. Метод группировки объектов, основанный на оптимальных разбиениях [Текст] / Д.В. Кропотов, О.В. Сенько // Доклады Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов», ММРО – 10: Изд-во ВЦ РАН, Москва, 2001. с. 77 – 79.
3. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель, Москва: Финансы и статистика, 1988.
4. Загоруйко, Н.Г. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. [Текст] / Н.Г. Загоруйко, В.Н. Елкина, Г.С. Лбов. – Новосибирск: Наука, 1985 – 111с.
5. Жилияков, Е.Г. Об Автоматической классификации объектов [Текст] / Е.Г. Жилияков, Е.М. Маматов // Математическое моделирование в научных исследованиях. / Материалы Всероссийской научной конференции. Ч.1. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2000. с. 36-38.
6. Ветров, Д.П., О минимизации признакового пространства в задачах распознавания [Текст] / Д.П. Ветров, В.В. Рязанов // Доклады Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов», ММРО – 10: Изд-во ВЦ РАН, Москва, 2001. с. 22 – 25.

AUTOMATIC CLASSIFICATION OF OBJECTS AND PATTERN RECOGNITION WITH THE USAGE OF FEATURES WEIGHTS AND CLASSES REPRESENTATIVES

E. M. Mamatov

²⁾ Belgorod state university
e-mail: Mamatov@bsu.edu.ru

In the present article a software information technology which employs a variational algorithm for automatic classification of objects with the use of a new functional of quality partitioning based on uniformity measure is described. The realization of algorithm for calculation of estimation using feature weights and representatives of classes is also implemented.

Key words: Automatic classification of objects, Pattern recognition, Algorithms for calculation of estimation.

СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

**Я.Г. Великая
Т.В. Зайцева**

*Белгородский государственный
университет
e-mail: velikaya@bsu.edu.ru*

В статье рассматриваются примеры инструментов имитационного моделирования бизнес-процессов. В результате анализа типовых блоков, применяемых для построения моделей процессов, предложена новая классификация инструментов имитационного моделирования.

Ключевые слова: реинжиниринг, имитационное моделирование, бизнес-процесс, инструмент имитационного моделирования.

В настоящее время в России становится все более популярным использование подходов реинжиниринга и управления бизнес-процессами. Последние 5-10 лет все больше компаний используют реинжиниринг для повышения эффективности бизнеса. Можно привести множество примеров реинжиниринга[1], однако, только 30-35% из них являются удачными. Эта цифра связана с различными ошибками, допущенными в процессе проведения реинжиниринга, например:

- замена реинжиниринга автоматизацией отдельных процессов или участков;
- участниками реинжиниринга становятся сотрудники организации, вовлеченные в улучшаемый бизнес-процесс;
- подмена процессного подхода структурным;
- использование статических моделей для описания бизнес-процессов без учета их динамики;
- и т.д.

1. Сущность реинжиниринга

Современные предприятия в значительной мере все еще базируются на принципах, сформулированных Адамом Смитом в его фундаментальном труде «Благосостояние наций», опубликованном в 1776 г., в котором производственный процесс предлагалось разбить на элементарные, простые задания (работы), чтобы каждое из них мог выполнять один рабочий; при этом от рабочего не требовалось высокой квалификации и умения выполнять работу в целом, достаточно, чтобы он специализировался на одном или нескольких простейших заданиях. Это легко реализуемая идея, поэтому предложенные принципы были и остаются весьма успешными в массовом производстве типовой продукции.

Принципы, сформулированные Смитом и революционные для его времени, не соответствуют требованиям современной индустрии. Продукция в наше время должна быть ориентирована в основном на узкие группы потребителей, исполнители хорошо образованны, не боятся ответственности и стремятся к решению по-настоящему сложных задач; рынок продуктов стал намного шире, а конкуренция и борьба за потребителя – более агрессивной.

Мир, в котором живут современные предприниматели, за последние годы существенно изменился. Во-первых, потребители во всем мире взяли в свои руки контроль на рынке. Они намного лучше, чем в начале 80-х годов осведомлены о своем положении на рынке и о возможностях выбора продукции, которые у них имеются.

Во-вторых, сформировались новые ожидания относительно предлагаемых потребителям товаров и услуг. Потребляемой становится продукция, которая адаптирована к определенным нуждам конкретного потребителя и доставляется наиболее подходящим способом в момент, установленный потребителем.

В-третьих, существенно изменились средства производства и технологии, а среди последних – прежде всего информационные. Информационные технологии – это не только база многих других важных технологий (вычислительных, коммуникационных, робототехники, распределенных баз данных и пр.), но и способ, с помощью которого информация предлагается потребителю.

Однако, несмотря на эти изменения, многие компании с длительной историей хозяйствования на рынке продолжают по инерции держаться за старые управленческие идеи. По-

этому необходимо переосмыслить способы организации бизнеса и использовать принципиально иной подход, который позволит в полной мере реализовать преимущества новых технологий и человеческих ресурсов. Этот подход – основа инжиниринга бизнес-процессов, наиболее важным направлением, которого является реинжиниринг, или перестройка существующих компаний.

Реинжиниринг бизнес-процессов предприятий используется в случаях, когда необходимо принять обоснованное решение о реорганизации деятельности: радикальных преобразованиях, реструктуризации бизнеса, замене действующих структур управления на новые и т.д. Предприятие, стремящееся выжить или улучшить свое положение на рынке, должно постоянно совершенствовать технологии производства и способы организации деловых процессов. Для этого прибегают к консалтингу, который базируется на прошлом опыте, суждениях специалистов о готовых апробированных решениях, аналогиях, эвристических оценках, сопоставлении мнений. Но можно использовать и альтернативный путь, которым является инженерная деятельность. Такой подход гарантирует получение результата при условии соблюдения правил и методик применения инструментов реинжиниринга, он позволяет контролировать полноту исполнения предлагаемых решений и оценивать их качество. Этот подход основан на концепции и методах реинжиниринга бизнес-процессов.

Реинжиниринг – это фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений главных современных показателей деятельности компании, таких, как стоимость, качество, сервис и темпы[2].

Это определение содержит четыре ключевых слова: «фундаментальный», «радикальный», «резкий (скачкообразный)» и «процесс» (наиболее важное слово).

Фундаментальный. На начальной стадии реинжиниринга необходимо ответить на такие основные вопросы:

- почему компания делает то, что она делает?
- почему компания делает это таким способом?
- какой хочет стать компания?

Отвечая на эти вопросы, специалисты должны переосмыслить текущие правила и положения (зачастую не сформулированные в письменной форме) ведения бизнеса и часто оказывающиеся устаревшими, ошибочными или неуместными.

Радикальный. Радикальное перепроектирование – это изменение всей существующей системы, а не только поверхностные преобразования, т.е. в ходе радикального перепроектирования предлагаются совершенно новые способы выполнения работы.

Резкий (скачкообразный). Реинжиниринг не применяется в тех случаях, когда необходимо улучшение либо увеличение показателей деятельности компании на 10-100%, а используются более традиционные методы (от произнесения зажигательных речей перед сотрудниками до проведения программ повышения качества), применение которых не сопряжено со значительным риском. Реинжиниринг целесообразен только в тех случаях, когда требуется достичь резкого (скачкообразного) улучшения показателей деятельности компании (500-1000% и более) путем замены старых методов управлений новыми.

Бизнес-процесс – это множество «внутренних шагов» предприятия, заканчивающихся созданием продукции, необходимой потребителю. Назначение каждого бизнес-процесса состоит в том, чтобы предложить потребителю продукцию (услугу), удовлетворяющую его по стоимости, сервису и качеству.

То есть бизнес-процесс – это действия по достижению цели компании. При этом оптимизируется результативность бизнес-процесса путем его организации на основе упорядочения горизонтальных связей в структуре управления компанией.

2. Этапы реинжиниринга бизнес-процесса

Проект реинжиниринга бизнеса обычно включает:

➤ Определение направления развития бизнеса. На этом отрезке организация уточняет цели и принципы своей деятельности, решает ряд важных вопросов, например опреде-

ление ключевых рынков, групп покупателей и их основных потребностей. При этом можно ориентироваться на результаты работы конкурентов или опыт других компаний.

➤ Определение масштаба и конечных целей проекта, для чего используются средства анализа и моделирования, например, диаграммы потоков данных и методики сравнения текущих результатов деятельности с планируемыми на период после завершения проекта.

➤ Планирование процесса, осуществляемое специалистами, которые работают над проектированием отдельных процессов. При этом ставятся такие цели, как сокращение длительности производственного цикла, оптимизация функции контроля и т.д. Определяется система оценки процесса и контроля его эффективности.

➤ Определение структуры организации и кадровой политики. Необходимо конкретизировать инфраструктуру для обеспечения эффективного функционирования новых процессов. Нужно проанализировать и определить организационные и кадровые последствия предлагаемого решения. Важно установить, какие принципы корпоративной культуры следует заложить в основу новой организационной модели. Это поможет определить различные структурные единицы, рабочие взаимоотношения, распределение полномочий, позволит спрогнозировать количество и виды должностей, необходимый уровень квалификации сотрудников и потребность в их обучении. Полезно также создать модель кадрового планирования.

➤ Технологическая поддержка, когда формулируются требования к функциональным, техническим и эксплуатационным характеристикам новых технологий и оценивается их воздействие на работу организации. На основании этого производится выбор технологий, эффективных для данной организации.

➤ Определение физической инфраструктуры, когда выявляются характеристики помещения, оборудования, (состав, расположение, назначение, функциональные особенности и др.), согласуются планы и проекты помещений и необходимых систем жизнеобеспечения (энергетическая система, системы водоснабжения, вентиляции и т.д.).

➤ Осуществление внутренней политики предприятия и оценка влияния действующего законодательства. Определяются сферы, где для реализации выбранных решений необходимы изменения во внутренней политике. Как правило, необходимость в таких изменениях выявляется на более ранних этапах проекта и нужно как можно раньше решить, возможно ли изменение политики или же следует строить новые процессы на основе уже существующих.

➤ Мобилизация ресурсов для осуществления проекта, когда обеспечивается планирование новых процессов для получения максимально быстрой и эффективной отдачи. Составляется окончательный бюджет затрат (в том числе капитальных и затрат на реализацию), оцениваются преимущества и риски, связанные с каждым бизнес-решением. Внедряется стратегия управления процессом изменений для обеспечения успешной реализации проекта. План работы призван фиксировать цели, сроки, проблемы, ресурсы и ответственных по каждому направлению. Необходимо использовать автоматизированные средства планирования для оптимизации плана работ и контроля за ходом их выполнения.

➤ Внедрение. В процессе реинжиниринга появляется возможность достижения быстрого успеха при минимальном привлечении ресурсов. Важно ее ускоренными темпами реализовать. Для проверки действенности выработанных подходов и рекомендаций к разработке новых бизнес-процессов, как уже убедила практика, обычно требуется осуществление пробных (пилотных) проектов, призванных продемонстрировать их жизнеспособность и эффективность. Тем не менее, основу внедрения составляют действия, описанные в плане внедрения.

Важно то, что перечисленные этапы выполняются не последовательно, а, по крайней мере, частично параллельно, причем некоторые из них повторяются.

Осуществление подобных проектов требует немалых усилий, поэтому при проведении реинжиниринга необходимо особое внимание уделить выбору инструмента и методологии, а также сделать оптимальный выбор модели бизнес-процесса (рис. 1).

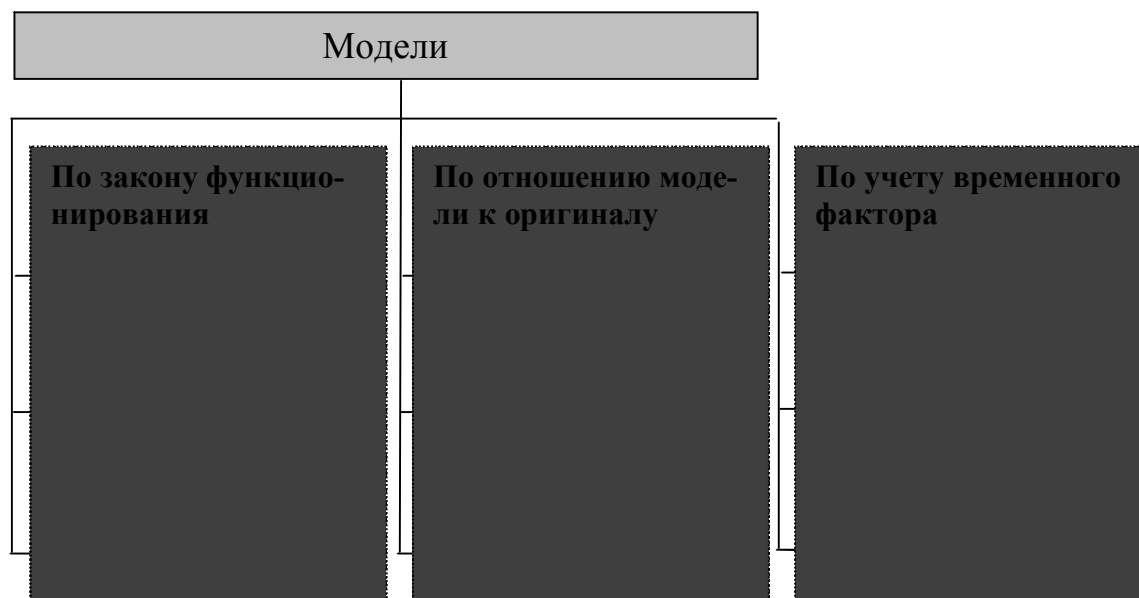


Рис. 1. Классификация моделей бизнес-процессов

3. Инструментарий реинжиниринга

В процессе реинжиниринга бизнес-процессов предприятия или организации желательно, если специалисты будут вооружены мощными инструментальными средствами, например средой имитационного моделирования (ИМ). Ведь далеко не каждый проект, связанный с реинжинирингом успешен. Причина такого положения вещей зачастую связана с динамичностью и взаимообусловленностью бизнес-процессов. Обычный человек или даже группа специалистов иногда не в силах уследить и понять все хитросплетения причинно-следственных связей процессов исследуемого объекта. Инструменты статического моделирования позволяют увидеть картину, протекающих процессов, но не дает обнаружить все «узкие места» процесса.

Стоит отметить, что уровень применения имитационного моделирования в России, ниже, чем за рубежом. Одной из причин такого состояния является нехватка квалифицированных кадров, способных построить адекватную имитационную модель исследуемых бизнес-процессов[3].

Для проработки различных вариантов структурной организации бизнес-процессов предприятий чаще всего используют методы ИМ, которые позволяют в динамике моделировать параллельное выполнение множества процессов одного или нескольких типов на общем множестве имеющихся ресурсов и получать прогнозируемые динамические характеристики процессов с учетом непроизводительных задержек.

Применение методов ИМ позволяет формировать в динамике, следующие показатели: время выполнения процессов и отдельных операций, стоимостные затраты на выполнение процессов и отдельных операций, производительность (объемы выполненных работ) процессов и отдельных операций, степень занятости отдельных ресурсов, стоимостные затраты использования отдельных ресурсов[4].

Если провести обзор инструментальных сред ИМ, то стоит отметить среди них те, которые используют блоки стандартных нотаций для построения имитационных моделей бизнес-процессов и те, в которых модель строится из уникальных блоков. Первый тип инструментов, базируется на определенном методе статического моделирования бизнес-процессов. Т.е. имитационная модель строится из тех же графических элементов, что и статическая модель. К первому типу можно отнести следующие среды ИМ: Aris Simulation, Simprocess, Business Studio.

Среда ИМ **Aris Simulation**: в качестве базовой нотации для построения имитационной модели бизнес-процесса используется eEPC-диаграмма (extended Event-Driven Process Chain). По существу eEPC расширяет возможности IDEF0, IDEF3 и DFD, обладая всеми их достоинствами и недостатками. eEPC-диаграмма предназначена для

детального описания бизнес-процесса и отражает логику его выполнения. Бизнес-процесс в нотации eEPC представляет собой поток последовательно выполняемых работ (процедур, функций), расположенных в порядке их выполнения. Используемые при построении модели символы логики позволяют отразить ветвление и слияние ветвей бизнес-процесса.

Модель бизнес-процесса в нотации eEPC представляет собой направленный граф, формируемый из событий, бизнес-функций и узлов ветвления. Исполнители, документы и элементы прикладных комплексов привязываются к бизнес-функциям. Модель отражает набор действий (бизнес-функций), которые должны быть выполнены по заданным правилам для получения заданного результата [5].

Имитационная модель бизнес-процессов в среде Aris Simulation строится из стандартных блоков нотации eEPC. Пример eEPC-диаграммы представлен на рис. 2. Скругленным прямоугольником отмечены блоки действий, шестиугольником – блоки событий, прямоугольником – блоки данных, эллипсом – блоки подразделений предприятия [6].

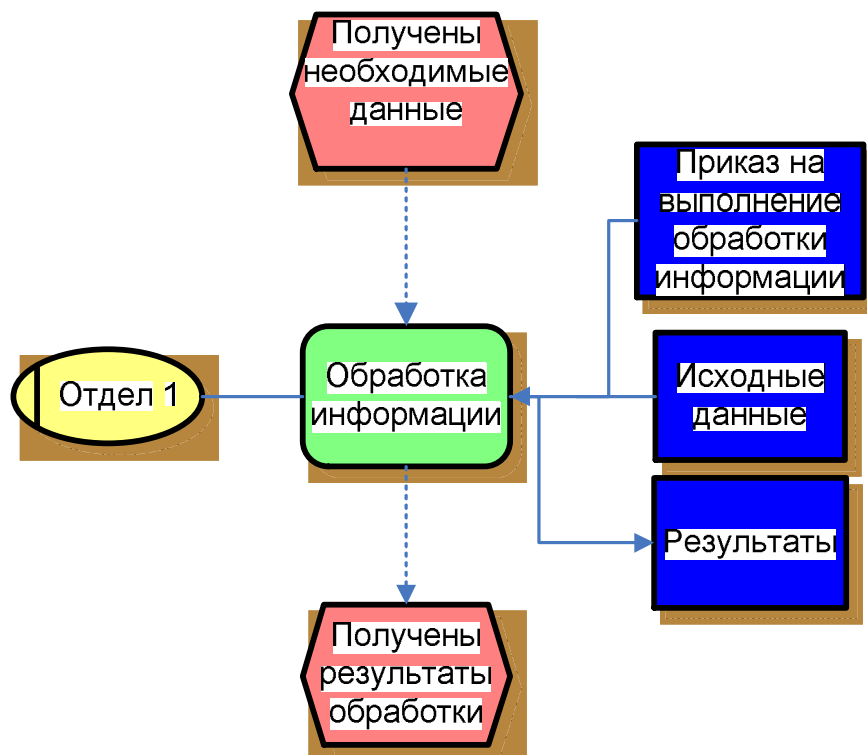


Рис. 2. Пример eEPC-диаграммы

Второй тип инструментов ИМ содержит специфические блоки: очередь, генератор (исток), терминатор (сток), процесс, ресурс и т.д. Ко второму типу можно отнести следующие среды ИМ: Arena, AnyLogic, Extend.

Рассмотрим одну из популярных сред ИМ – **Arena**. Имитационная модель включает следующие основные элементы: источники и стоки (Create и Dispose), процессы (Process) и очереди (Queue). Источники - это элементы, от которых в модель поступает информация или объекты. Скорость поступления данных или объектов от источника обычно задается статистической функцией. Сток - это устройство для приема информации или объектов. Понятие очереди близко к понятию хранилища данных - это место, где объекты ожидают обработки. Времена обработки объектов (производительность) в разных процессах могут быть разными. В результате перед некоторыми процессами могут накапливаться объекты, ожидающие своей очереди. Часто целью имитационного моделирования является минимизация количества объектов в очередях. Тип очереди в имитационной модели может быть конкретизирован. Очередь мо-

жет быть похожа на стек - пришедшие последними в очередь объекты первыми отправляются на дальнейшую обработку (LIFO: last-in-first-out). Альтернативой стеку может быть последовательная обработка, когда первыми на дальнейшую обработку отправляются объекты, пришедшие первыми (FIFO: first-in-first-out). Могут быть заданы и более сложные алгоритмы обработки очереди. Процессы - это аналог работ в функциональной модели. В имитационной модели может быть задана производительность процессов.

Простейшая имитационная модель, созданная в Arena показана на рисунке 3.

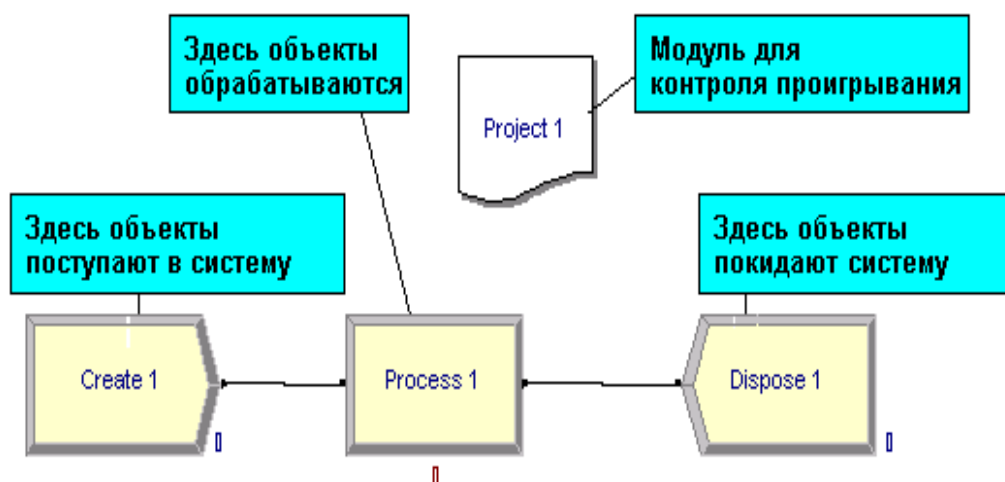


Рис. 3. Простейшая имитационная модель в Arena

Для построения моделей Arena имеет набор средств, которые включают палитру инструментов, набор гидов и др. Для создания модели сначала нужно щелкнуть по кнопке New на панели инструментов. Слева появляется палитра инструментов (рис. 4), которая содержит два типа модулей.

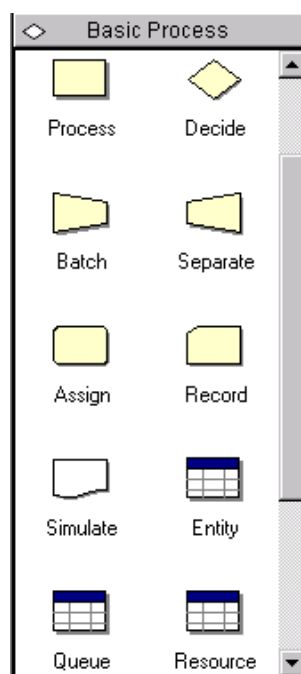


Рис. 4. Блоки для построения имитационной модели



Модули типа “Flowchart” (в том числе Create, Dispose и Process) служат для отображения потоков объектов и могут быть перенесены на рабочее пространство модели drag&drop. Модули типа “Data” (например Queue) не могут быть размещены в рабочее пространство модели и служат для настройки параметров модели[7].

В статье предложена новая классификация инструментов ИМ, основанная на типе применяемых блоков. В качестве примера рассмотрены два инструмента имитационного моделирования, которые в настоящее время являются наиболее популярными при проведении процессов реинжиниринга в России и странах СНГ.

Литература

1. Абдикеев Н.М. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – М.: Эксмо, 2007. – 592с.
2. Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: учебник. – М.:ИНФРА-М, 2007. – 319с.
3. Борщев А. Применение Имитационного Моделирования в России – Состояние на 2007г. 3-я Всероссийская научно-практическая конференция по Имитационному Моделированию ИММОД 2007. Санкт-Петербург, 17-19 октября 2007г., С. 11-16.
4. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. Компонентная методология. - М: Финансы и статистика, 2004. – 320с.
5. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. Учеб. пособие. - М: Финансы и статистика, 2006. – 240с.
6. <http://www.proinfotech.ru/aris4.htm>
7. Маклаков С. Имитационное моделирование с Arena. <http://www.compress.ru/article.aspx?id=11212&iid=445>

SIMULATION TOOLS FOR BUSINESS PROCESS REENGINEERING

Y.G. Velikaya,
T.V. Zaitseva

The Belgorod state university
e-mail: velikaya@bsu.edu.ru

In article examples of simulation tools for business process. As a result of the analysis of the typical blocks used for construction of models of processes, new classification of simulation tools is offered.

Key words: re-engineering, simulation, business - process, simulation tool.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЕМЫХ

Е.Г. ЖИЛЯКОВ¹⁾

С.В. ИГРУНОВА²⁾

С.Н. ДЕВИЦЫНА³⁾

Н.П. ПУТИВЦЕВА⁴⁾

С.В. МЕДИНЦЕВА⁵⁾

Ю.Г. ЧАШИН⁶⁾

¹⁾ *Белгородский государственный университет*

e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

²⁾ *Белгородский государственный университет*

e-mail: igrunova@bsu.edu.ru

³⁾ *Белгородский государственный университет*

e-mail: devitsyna@bsu.edu.ru

⁴⁾ *Белгородский государственный университет*

В статье для оценивания уровня профессиональных компетенций студентов предлагается использовать метод парных сравнений, причём именно испытуемый выступает в качестве эксперта, оценивающего степень «истинности» предлагаемых вариантов ответов (альтернатив) на заданный вопрос из сферы профессиональной подготовки.

Для достижения структурированности области профессиональных компетенций в статье они характеризуются с позиций конкурентоспособности, приводится описание уровней конкурентоспособности и направлений профессиональной деятельности в области ИКТ.

Результаты отбора у студентов экспертной информации и полученные на основе её обработки ранги сравниваемых альтернативных ответов сравниваются с проведенными предварительно расчётами на основе данных, полученных от преподавателей, которые считаются эталонными.

Рассматривается вариант автоматизации описанной процедуры с использованием разработанной программной поддержки.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, метод парных сравнений, информационные технологии оценки профессиональных компетенций.

Важнейшей характеристикой специалиста является уровень его профессиональных компетенций, позволяющий выполнять работы по созданию и внедрению инноваций, включая процессы освоения уже имеющихся разработок, пригодных для использования в соответствующей профессиональной сфере.

Конкурентоспособностью специалиста будем называть его способность удовлетворять свои личные потребности за счёт деятельности в профессиональной сфере в условиях конкуренции с другими претендентами на предложения рынка труда по выполнению тех или иных видов работ для создания и внедрения инноваций.

Профессиональная компетенция специалиста это то, что определяет на рынке труда его конкурентоспособность, которая зависит от степени владения следующими инструментами:

- Умения находить партнёров и взаимодействовать с ними для создания и внедрения инноваций, включая их потребителей (инструментарий организатора создания и внедрения инноваций);
- Умения анализировать состояние и прогнозировать развитие рынка продукции предметной области и на этой основе разрабатывать обоснованные предложения по созданию и внедрению инноваций (инструментарий постановщика задач);
- Знания научных основ и принципов создания продукции в соответствующей предметной области (фундаментальный интеллектуальный инструментарий);
- Знаний способов и умений использования фундаментального интеллектуального инструментария при создании продукции в предметной области (прикладной интеллектуальный инструментарий);
- Навыки, полученные в результате систематизации опыта создания продукции в предметной области (прикладной инструментарий реализации фундаментальных и прикладных знаний).

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 07-07-00206а.



В зависимости от масштабов востребованности тех или иных граней деятельности в профессиональной сфере, можно выделить следующие ниши рынка труда:

1. *Глобальный уровень конкурентоспособности* - специалист, владеющий инструментарием организатора создания и внедрения инноваций, и, прежде всего умеющий находить партнёров и взаимодействовать с ними для создания и внедрения инноваций, включая их потребителей.

Следует отметить, что степень успешности такой деятельности специалиста, прежде всего, зависит от того, насколько гармонично он владеет следующими инструментами:

- анализ состояния и прогноз развития рынка продукции предметной области и разработка на этой основе обоснованных предложений по созданию и внедрению инноваций (инструментарий постановщика задач, как для потребителя инноваций, так и для создаваемой команды специалистов);
- навыки, полученные в результате систематизации опыта создания продукции в предметной области (прикладной инструментарий, позволяющий обоснованно спланировать ход создания и реализацию инноваций);
- способы и умения использования фундаментальных основ технологий создания продукции в предметной области (прикладной интеллектуальный инструментарий);
- знания научных основ и принципов создания продукции в соответствующей предметной области (фундаментальный интеллектуальный инструментарий, позволяющий, в том числе осуществлять заказ на получение командой исполнителей новых знаний).

2. *Уровень исполнителя*, владеющего знаниями, умениями и навыками реализации конкретных процедур деятельности при создании продукции в профессиональной сфере. Основными инструментами такой деятельности являются:

- навыки, полученные в результате систематизации опыта создания продукции в предметной области (прикладной инструментарий создания и реализации инноваций);
- способы и умения использования фундаментальных основ технологий создания продукции в предметной области (прикладной интеллектуальный инструментарий);
- знания научных основ и принципов создания продукции в соответствующей предметной области (фундаментальный интеллектуальный инструментарий, позволяющий, взаимодействовать с другими членами команды и, прежде всего с руководителем при уяснении заданий на разработку).

3. *Уровень постановщика профессиональных задач* специалистам по созданию и внедрению инноваций в предметной области. Основными инструментами такой деятельности являются:

- умения разрабатывать обоснованные предложения по созданию и внедрению инноваций на основе анализа состояния и прогнозирования развития рынка продукции предметной области (инструментарий постановщика задач);
- знания научных основ и принципов создания продукции в соответствующей предметной области (фундаментальный интеллектуальный инструментарий);
- знания способов и умений использования фундаментального интеллектуального инструментария при создании продукции в предметной области (прикладной интеллектуальный инструментарий).

4. *Уровень теоретика-специалиста* по научным основам и принципам создания инноваций в предметной области. Основными инструментами такой деятельности являются:

- знания существующих научных основ и принципов создания продукции в соответствующей предметной области (фундаментальный интеллектуальный инструментарий);
- знания способов и умений использования фундаментального интеллектуального инструментария при создании продукции в предметной области (прикладной интеллектуальный инструментарий);
- умений разрабатывать новые научные основы и принципы, позволяющие создавать инновации в предметной области;
- умения формулировать предложения по разработке новых научных основ и принципов создания инноваций с учётом специфики предметной области.

Как правило, имеется несколько претендентов на заполнение вакансий в нишах рынка труда. Иными словами, между специалистами возникает конкуренция. Это приводит к необходимости повышать конкурентоспособность.

Деятельность профессиональной группы преподавателей по созданию и внедрению инноваций при реализации учебного процесса предусматривает выполнение следующих действий:

1. Формулировка требований к уровню знаний и умений студентов в рамках освоения изучаемой дисциплины (внедряемой инновации).
2. Разработка механизма для достижения студентами поставленной цели, включая виды занятий, курсовое и дипломное проектирование, работу с информационными ресурсами в библиотеке и сети Интернет, порядок проведения консультаций и т.п.
3. Выработка критериев для оценки уровня знаний и способы его реализации (например, посредством тестирования), в том числе с привлечением экспертов с соответствующими компетенциями.

В соответствии с изложенными выше требованиями к формированию конкурентоспособного специалиста нами на примере четырёх специальностей факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета были сформированы базовые требования к профессиональным компетенциям выпускников в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), которые должны формироваться в процессе изучения различных дисциплин учебных планов. Нам представляется целесообразным выделить семь направлений профессиональной деятельности специалиста по ИКТ, в соответствии с которыми формируются требования к содержанию дисциплин учебных планов.

Самое общее требование заключается в том, что в учебные планы должны быть включены дисциплины в полной мере отражающие все аспекты ИКТ сбора, хранения, обработки, передачи и выдачи в удобном для пользователя виде информации в информационно-телекоммуникационных систем (ИТС). При этом профессиональные компетенции должны формироваться на основе групп дисциплин, которые отражают следующие аспекты деятельности специалиста.

1. Дисциплины, содержание которых отражает основные аспекты собственно компьютерных технологий, которые служат платформой, обеспечивающей целостное представление о современной сфере ИКТ и область пересечения профессиональных компетенций специалистов их разных направлений деятельности в области ИКТ;
2. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы создания информационных хранилищ, включая распределенные базы данных.
3. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы обеспечения информационной безопасности;
4. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы передачи информации в ИТС.
5. Дисциплины, изучение которых позволяет осуществить анализ потребностей рынка труда в секторе преимущественной деятельности выпускника, включая возможности воздействий на него на основе учёта общественных потребностей в по-

вышении эффективности соответствующих ИКТ (создание новых направлений развития ИКТ);

6. Дисциплины, изучение которых позволяет выполнять теоретические разработки ИКТ в соответствии с выбранной специальностью (направлением образования);

7. Дисциплины, изучение которых позволяет выполнять прикладные разработки по использованию имеющихся средств ИКТ (масштабирование) в секторе преимущественной деятельности выпускника.

С целью определения уровня профессиональных компетенций выпускника были разработаны комплекты тестовых заданий, отражающие уровни конкурентоспособности. Были сформулированы контрольные вопросы, в контексте с требованиями к ИКТ-компетенциям и основными разделами дисциплин учебного плана, отражающими основные аспекты компьютерных технологий (1. КТ-платформа)¹, проблемы создания информационных хранилищ (2. БД, РБД), проблемы обеспечения информационной безопасности (3. Инф. безопасность), проблемы передачи информации в ИТС (4. ПИ), анализа потребностей рынка (5. Рынок), создания потенциала для осуществления теоретических разработок ИКТ (6. Теор. разработки) и потенциала для осуществления прикладных разработок по использованию имеющихся средств ИКТ (7. Прикл. разработки). На основании каждого контрольного вопроса были разработаны тестовые задания. Таким образом, по каждой специальности создан комплект тестовых заданий для оценки профессиональных компетенций выпускников факультета Компьютерных наук и телекоммуникаций БелГУ.

Для определения профессиональных компетенций разработан прототип программной поддержки тестирования. Опрашиваемому предлагается вопрос из области профессиональной деятельности и несколько вариантов ответов, которые содержат в себе элементы верного ответа, а один из них является наиболее близким к истине. Далее заполняется матрица парных сравнений (МПС) со степенной калибровкой, которая затем обрабатывается с тем, чтобы были вычислены весомости ответов[2].

Процедура выявления знаний в автоматизированном режиме реализуется в 2 этапа: на первом этапе осуществляется формирование теста для студентов (из комплекта тестовых заданий), на втором этапе студенты проходят тестирование и получают отметку по 5-балльной шкале.

Первый этап состоит из двух частей:

1. Эксперты оценивают относительную важность вопроса и соответствующих ему ответов. База вопросов теста формируется экспертом, определяется весомость вопросов, а также весомость ответов, которые предлагаются для ответа на тот или иной вопрос. Подразумевается, что число ответов не меняется от вопроса к вопросу и число ответов должно быть не менее четырех. При этом вопросы, с которыми работает эксперт, уникальны, то есть не повторяются.

2. Создается «пользовательский» тест.

После создания базы вопросов для теста разработчики теста создают «пользовательский» тест, на который отвечают студенты. В этом тесте вопросы повторяются, но ответы в повторяющихся вопросах от вопроса к вопросу меняются местами.

Иерархически процедуру выявления знаний можно представить следующим образом.

Уровень 1. Цель.

Уровень 2. Критерии.

Уровень 3. Вопросы.

Уровень 4. Ответы.

При создании базы вопросов разработчики тестирования (для повышения объективности на этом этапе могут быть приглашены эксперты в данной области) определяют ОВ каждого вопроса в данной области знаний, заполняя матрицы парных

¹ В скобках приведены сокращения, используемые в программном комплекте тестирования.

сравнений (МПС), которые затем обрабатываются с использованием вышеуказанного адаптивного метода. В случае участия нескольких экспертов в оценке весов результирующая ОВ каждого ответа вычисляется как среднее геометрическое относительных важностей, определенных этому вопросу каждым из приглашенных экспертов.

На втором уровне иерархии критерии сравниваются друг с другом для определения их предпочтительности по отношению к цели – процессу выявления знаний, в результате получаем локальные приоритеты критериев ω_i .

На третьем уровне иерархии обрабатываем МПС, получая при этом приоритеты вопросов по отношению к заданным критериям - V_{ij} .

В итоге «вес» каждого вопроса получаем с использованием линейной свертки

$$f_i = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot V_{ij}$$

В программном комплекте формирование базы вопросов и создание «пользовательского» теста осуществляется в режиме администратора.

Форма, представленная на рисунке 1, предоставляет возможность создания иерархии для оценивания вопросов и ответов, ввода результатов парных сравнений и расчета весов вопросов.

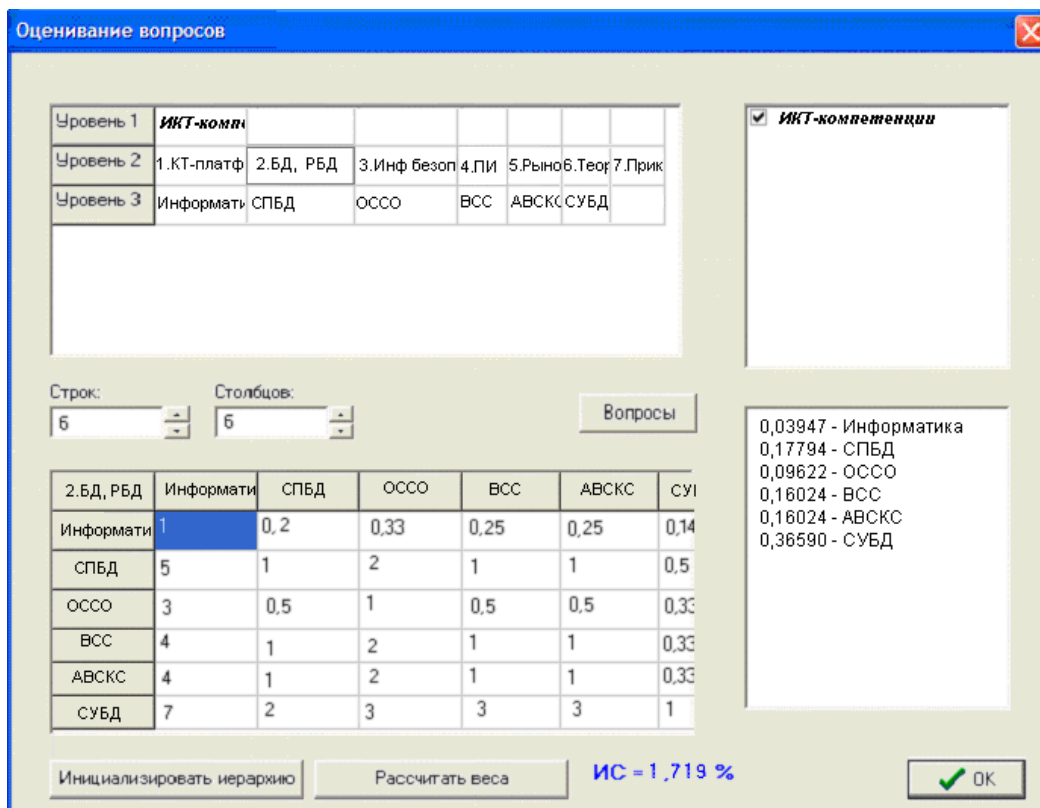


Рис. 1. Форма, демонстрирующая выбор тестовых вопросов, соответствующих второму уровню

На рисунке 1 показано, что основная функция теста – определить сформировавшиеся ИКТ-компетенции выпускника по каждому из семи направлений. Так как компетенции по выделенному направлению могут быть получены студентом в процессе изучения определенных дисциплин, преподавателем формулируются основные вопросы, экспертом (экспертами) определяется вес каждой дисциплины, т.е. ее «вклад» в формирование знаний, умений, навыков, способов решения проблем и т.д.

Форма позволяет оценить ответы теста. В верхней части формы располагаются таблицы вопросов и ответов. В нижней части – указатели ответов.

При щелчке мышью на определенном вопросе автоматически изменяется содержимое таблицы ответов – выводятся ответы текущего вопроса, а в нижней части формы отображаются компоненты для указания предпочтений пользователя (указатели ответов). Если вопрос имеет n ответов, то в нижней части формы выводится $n \cdot (n-1)/2$ указателей ответов. При перемещении указателя ответа по горизонтальной оси автоматически пересчитываются веса ответов и индекс согласованности. Синий цвет шрифта, которым выводятся значения индекса согласованности, говорит о его приемлемом значении, красный – о выходе за допустимую границу.

Второй этап выявления знаний – проверка знаний студента в автоматизированном режиме.

В верхней части формы для проверки знаний студентов выводятся вопросы. При нажатии кнопки «Далее» осуществляется переход к следующему вопросу. Кнопка «Далее» является недоступной для нажатия, если индекс согласованности превышает допустимое значение. Кнопка «Далее» при первоначальном открытии формы имеет надпись «Начать тестирование», а при ответе на последний вопрос имеет надпись «Получить результат».

В средней части формы располагаются указатели ответов. Изменяя положение указателей, студент выражает свои предпочтения.

В нижней части формы располагается таблица ответов. Веса ответов автоматически пересчитываются при изменении положения указателей ответов.

Процедура оценивания результатов тестирования по пятибалльной шкале следующая.

Так как в основе тестирования заложен принцип нескольких правильных ответов на вопрос, то для каждого вопроса не менее $n/2$ ответов ($n/2 + 1$ для нечетного количества ответов) будут очень близки к правильному, и если студент не очень четко знает материал, то не сможет адекватно определить весомости близких ответов.

Пусть

$v_{i \max}$ –, соответствующее наиболее правильному и точному ответу на i -й вопрос, $i=1,2,\dots,N$

$v_{i \max}^1$ - максимальное значение истинной весомости оставшихся ответов после выбора $v_{i \max}$

$v_{i \max}^2$ - максимальное значение истинной весомости оставшихся ответов после выбора $v_{i \max}$ и $v_{i \max}^1$

Соответственно, составляем тройку из значений весомостей испытуемого, стоящих на тех же позициях, что и выбранные максимальные значения из вектора истинных весов $v_{i \max}^*$, $v_{i \max}^{*1}$ и $v_{i \max}^{*2}$.

Далее по каждому вопросу вычисляем соответственно

$$\sqrt{v_{i \max} \cdot v_{i \max}^1 \cdot v_{i \max}^2}$$

и

$$\sqrt{v_{i \max}^* \cdot v_{i \max}^{*1} \cdot v_{i \max}^{*2}}$$

и составляем векторы

$$\vec{v} = \{v_i\} \text{ и } \vec{v}^* = \{v_i^*\}, i=1,2,\dots,N.$$

Пусть $\vec{f} = \{f_i\}$ - вектор относительных важностей ответов.

Вычисляем

$$\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i \text{ и } \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^*$$

соответственно.

Принимаем следующие градации для отметок:

$$\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \in \left[0.9 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i ; \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \right] \Leftrightarrow \text{"5"}$$

$$\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \in \left[0.75 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i ; 0.89 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \right] \Leftrightarrow \text{"4"}$$

$$\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \in \left[0.6 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i ; 0.74 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \right] \Leftrightarrow \text{"3"}$$

$$\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \in \left(0 ; 0.6 \sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^* \right] \Leftrightarrow \text{"2"}$$

В соответствии с попаданием значения $\sum_{i=1}^N f_i \cdot v_i^*$ в тот или иной интервал, выставляем тестируемому отметку.

Блок-схема данной процедуры представлена ниже на рисунке 2.

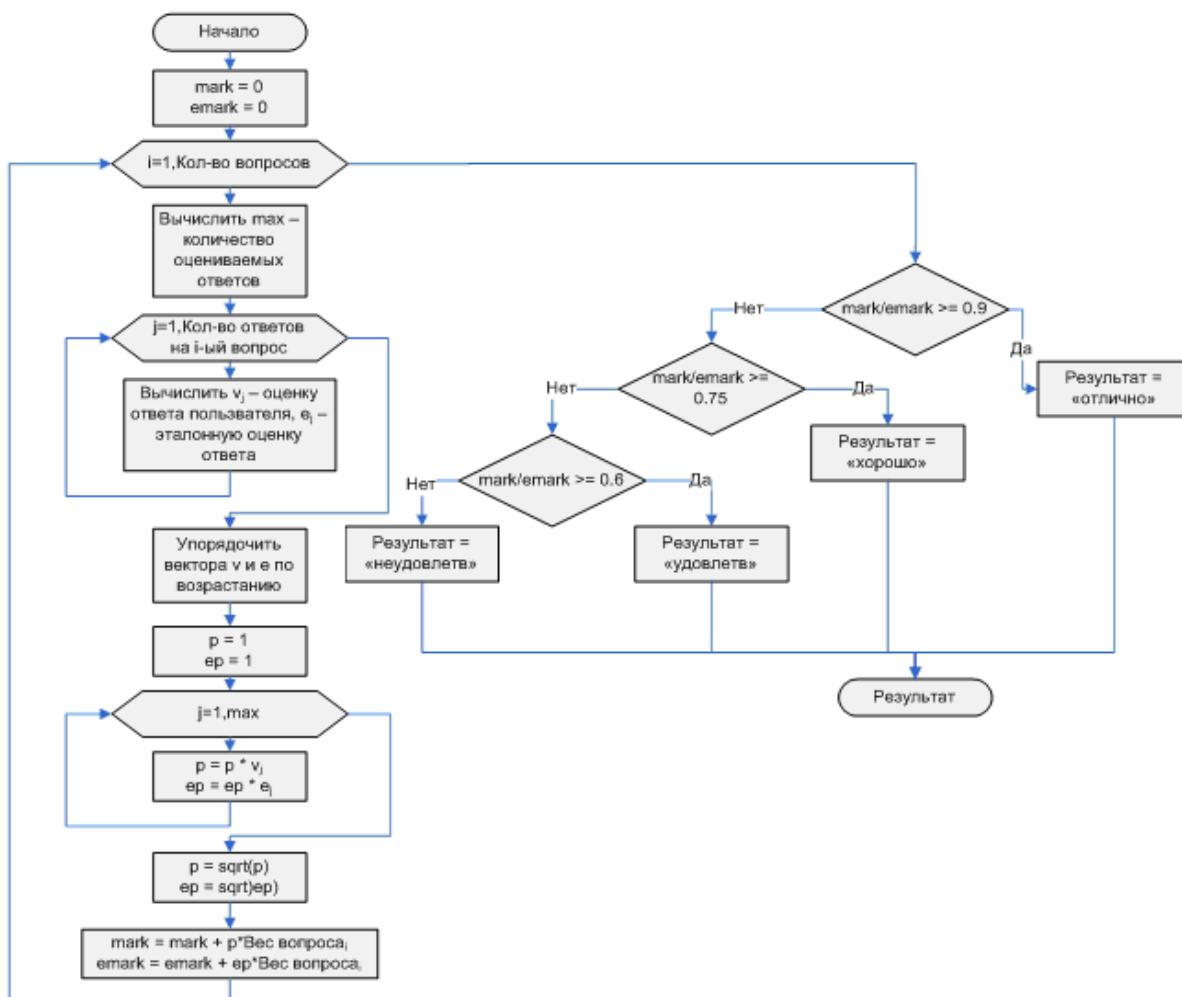


Рис. 2. Блок-схема процедуры оценивания результатов тестирования по пятибалльной шкале



Результаты прохождения тестирования сохраняются в файле протокола. Файл протокола тестирования создается программой автоматически после ответа студента на последний вопрос пользовательского теста. Файл создается в каталоге программы. Файл получает имя: Протокол <Фамилия студента> <Текущая дата>.txt.

В файле протокола тестирования выводятся данные о каждом вопросе пользовательского теста: номер вопроса пользовательского теста, номер соответствующего вопроса теста, оценка ответов, оценка эталонных ответов, вес вопроса.

В конце файла протокола выводятся сводные данные о суммарной оценке ответов, суммарной оценке эталонных ответов и об итоговой оценке.

Пример файла протокола:

```
1
1
Оценка ответов      0.926
Оценка эталонных ответов  0.949
Вес вопроса      0.373
...

Суммарная оценка ответов  0.589
Суммарная оценка эталонных ответов  0.660
Оценка:      Хорошо
```

Таким образом, в работе предложен новый подход к построению системы поддержки принятия решений при определении уровня профессиональных компетенций специалистов в области ИКТ. Основу этого подхода составляют аналитические разработки проблемы формирования профессиональных компетенций при обучении в Вузе и прежде всего выделение основных направлений профессиональной деятельности. Это позволило структурировать дисциплины учебного плана и осуществлять оценивание профессиональных компетенций в соответствии с указанными направлениями деятельности.

Новым также является подход к реализации процедур тестирования знаний и умений на основе метода парных сравнений предлагаемых альтернативных вариантов ответов, которые в той или иной мере содержат истину. В результате обработки матриц парных сравнений эти ответы ранжируются по важности с точки зрения близости к истинному ответу.

Результаты ранжирования в текущей проверке сравниваются с «эталонным» ранжированием специалистом из числа преподавателей.

Таким образом, испытуемый выступает в качестве эксперта, а его знания оцениваются на системном уровне.

В статье описан также прототип программной поддержки информационной технологии для автоматизированной системы поддержки принятия решений при оценивании уровня профессиональных компетенций, сформированных у студентов в процессе изучения дисциплин учебного плана.

Литература

1. Давыденко, Т.М. О кластерном подходе к формированию профессиональных компетенций [Текст] / Т.М. Давыденко, Е.Г. Жилияков // Высшее образование в России. – 2008. – №7. – С. 69 – 75.

2. Жилияков, Е.Г. Адаптивное определение относительных важностей объектов на основе качественных парных сравнений. [Текст] / Е.Г. Жилияков // Экономика и математические методы, 2006, том 42, № 2, с. 111-122.



ABOUT THE USE OF METHOD OF PAIR COMPARISONS FOR MAKING DECISION AT EVALUATION OF LEVEL OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF TAUGHT

E.G. ZHILYAKOV¹⁾
S.V. IGRUNOVA²⁾
S.N. DEVITSYNA³⁾
N.P. PUTIVZEVA⁴⁾
S.V. MEDINTSEVA⁵⁾
U.G. CHASHIN⁶⁾

¹⁾ *Belgorod state university*
e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

²⁾ *Belgorod state university*
e-mail: igrunova@bsu.edu.ru

³⁾ *Belgorod state university*
e-mail: devitsyna@bsu.edu.ru

In the article for the evaluation of level of professional competences of students it is suggested to use the method of pair comparisons, thus a preeminently examinee comes forward as an expert, estimating the degree of «truth» of the offered variants of answers (alternatives) for put question from the sphere of professional preparation.

For achievement of structured of area of professional competences in the article they are characterized from positions of competitiveness, description over of levels of competitiveness and directions professional activity is brought in area of ICT.

The results of selection for the students of expert information and grades of the compared alternative answers got on the basis of its treatment are compared to conducted preliminary calculations on the basis of information, got from teachers which are considered standard.

The variant of automation of the described procedure is examined with the use of the developed software support.

Key words: systems of support of making decision, method of pair comparisons, information technologies of estimation of professional competences.

ОБ АППАРАТНОЙ ПОДДЕРЖКЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

В.В. Муромцев
В.А. Голощапова

*Белгородский государственный
университет*
e-mail: muromtsev@bsu.edu.ru

Рассмотрена установка для исследования алгоритмов цифровой обработки звуковых сигналов. Установка создана на базе оценочного комплекта ADSP-21262 EZ-KIT Lite, включающего цифровой сигнальный процессор ADSP-21262 SHARC. Даны основные технические характеристики аппаратуры и программного обеспечения установки. Программное обеспечение разработано в среде VisualDSP++ и LabVIEW.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, цифровой сигнальный процессор, ADSP-21262 EZ-KIT Lite, ADSP-21262 SHARC, VisualDSP++, LabVIEW.

Алгоритмы цифровой обработки сигналов (ЦОС) широко используются в современной технике. При разработке таких алгоритмов нужно учитывать особенности вычислителей, осуществляющих ЦОС, и выполнять апробацию алгоритмов на конкретной аппаратуре. При её выборе следует руководствоваться техническими и экономическими соображениями. В качестве аппаратных средств, использующихся для реализации алгоритмов ЦОС, применяются микропроцессоры, цифровые сигнальные процессоры (ЦСП), программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), заказные интегральные схемы (ИС) и др.

В настоящее время широко распространены вычислители на базе ЦСП и ПЛИС. Это связано с их невысокой стоимостью. Достоинством ПЛИС является возможность построить вычислитель произвольной архитектуры, наилучшим образом адаптированный для выполнения реализуемого алгоритма ЦОС. Недостатком вычислителей на основе ПЛИС является достаточно сложный процесс разработки и отладки вычислителя. Использование ПЛИС оправдано в случае очень высоких требований к производительности вычислителя.

К достоинствам ЦСП относится простота разработки и отладки вычислителя. К недостаткам ЦСП следует отнести то, что их система команд и исполнительные устройства приспособлены для решения широкого круга задач и не всегда соответствуют специфике конкретного алгоритма ЦОС.

ЦСП являются универсальным средством реализации алгоритмов ЦОС, позволяют достаточно эффективно реализовать алгоритмы, содержащие как обработку данных, так и ветвления. ЦСП хорошо подходят для обработки звуковых сигналов. Кроме того, выбор ЦСП оправдан тем, что фирмы-производители, выпускают так называемые оценочные комплекты, которые включают в себя оценочную плату с ЦСП и основными устройствами, необходимыми для его работы. Использование таких плат позволяет обойтись без каких-либо дополнительных устройств. Также в оценочные комплекты входит программное обеспечение, необходимое для создания исполняемых программ для выбранного (целевого) процессора. Как правило, такое программное обеспечение имеет ограниченный срок лицензии и стоит недорого.

Использование оценочных комплектов позволяет апробировать алгоритмы ЦОС на целевом процессоре за приемлемое время, затратив при этом незначительные средства. Но, несмотря на это, процессы исследования алгоритмов ЦОС зачастую затягиваются на длительный срок. Ускорить этот процесс позволяет рассматриваемая в данной статье установка, представляющая собой двухуровневую программно-аппаратную систему. Установка позволяет реализовывать алгоритмы цифровой обработки звуковых сигналов на базе ЦСП ADSP-21262 SHARC компании Analog Devices и проводить исследование этих алгоритмов. Установка создана на базе оценочного комплекта ADSP-21262 EZ-KIT Lite компании Analog Devices.

Оценочный комплект ADSP-21262 EZ-KIT Lite включает:

1. Плату содержащую следующие элементы:
 - 32-разрядный ЦСП ADSP-21262 SHARC;
 - 24-разрядный стерео кодек AD1835, позволяющий производить оцифровку сигналов с частотой до 96 КГц;
 - Flash-память объема 1МВ;
 - SRAM память объема 512КВ;
 - интерфейс USB;
 - два микрофонных входа, выход на стерео наушники, 4 кнопки, 8 светодиодов и др.
2. Инструментальное средство разработки VisualDSP++5.0.
3. Блок питания и необходимые соединительные шнуры.

Более детальное описание процессора ADSP-21262 SHARC, оценочной платы и инструментального средства VisualDSP++ можно найти на сайте производителя <http://www.analog.com>.

Внешний вид установки для исследования алгоритмов цифровой обработки звуковых сигналов представлен на рис.1. Установка состоит из следующих аппаратных средств:

1. Персональный компьютер (ПК).
2. Оценочная плата.
3. Блок питания оценочной платы.
4. Соединительный шнур USB.
5. Шнур для подачи входного сигнала.
6. Набор конденсаторных микрофонов.



Рис. 1. Внешний вид установки для исследования алгоритмов цифровой обработки звуковых сигналов

Минимальные требования к ПК:

1. 32-разрядный процессор Intel Pentium, 1ГГц.
2. RAM память объема 512 МВ.
3. Жесткий диск со свободным объемом 2 ГБ.
4. Один свободный USB порт.

Системное программное обеспечение установки:

1. Возможные операционные системы: Windows 2000 SP4, Windows XP SP2, Windows Vista Business edition, Windows Vista Enterprise edition, Windows Vista Ultimate edition.

2. Инструментальное средство разработки VisualDSP++5.0.

3. Инструментальное средство разработки LabVIEW7.0 (<http://www.ni.com>).

Прикладное программное обеспечение состоит из программы для ЦСП и программы анализа данных. Программа для ЦСП создается в среде VisualDSP++. Для облегчения разработки программы создана библиотека, включающая функции организации работы с аппаратурой и типовой проект. Используя эти средства, программист невысокой квалификации может легко создать программу для ЦСП. Программа анализа данных создается в среде LabVIEW. Разработана библиотека функциональных модулей, позволяющих принимать данные от оценочной платы.

В типовом проекте реализована программа для ЦСП, работа которой заключается в выполнении в реальном времени последовательности тактов. Каждый такт состоит из следующих действий:

1. Прием с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) кодека N отсчетов входного сигнала. Отсчеты поступают с интервалом $\Delta t = 1/f_d$ с., где f_d - частота дискретизации. Цифруемый входной сигнал может поступать со стандартного линейного выхода некоторого устройства или с конденсаторных микрофонов, входящих в комплект установки.

2. Обработка принятых с АЦП данных.

3. Формирование выходного сигнала путем передачи обработанных данных на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) кодека. Выходной сигнал может прослушиваться с помощью наушников или подаваться на стандартный линейный вход некоторого устройства.

Перечисленные действия выполняются параллельно. Для этого организован циклический буфер, состоящий из трех сегментов S_0, S_1, S_2 , каждый из которых состоит из N ячеек. При этом данные сегмента $S_i, i = r \bmod 3$ передаются на ЦАП, данные сегмента $S_k, k = (r+1) \bmod 3$ обрабатываются, а сегмент $S_j, j = (r+2) \bmod 3$ заполняется данными с АЦП. Здесь r – номер такта.

Функция, осуществляющая обработку данных, принятых с АЦП в типовом проекте не имеет реализации. Параметрами функции является массив, содержащий данные сегмента S_k и код режима обработки данных, заданный пользователем.

В процессе обработки данных могут возникнуть следующие ошибки:

1. Временная ошибка - время обработки превысило $t = \Delta t \cdot N$, с.
2. Переполнение разрядности кодека - данные, получаемые в результате обработки, вышли за пределы 24-х разрядной сетки.

В типовом проекте при возникновении ошибок зажигается соответствующий светодиод на оценочной плате. Также реализована обработка прерываний от кнопок, расположенных на плате. С помощью кнопок выполняются следующие действия:

1. Регулировка громкости (кнопки 1 и 2),
2. Запись анализируемых данных (отладочной информации) в SRAM память оценочной платы (кнопка 3).
3. Передача записанных анализируемых данных в ПК по интерфейсу USB (повторное нажатие кнопки 3).
4. Установка режима обработки данных (кнопка 4). При нажатии на кнопку устанавливается режим с номером $m = w \bmod Q$, где w – число нажатий кнопки, Q – заданное число режимов работы.

Технология создания программы для ЦСП на базе типового проекта состоит в следующем:

1. Выбрать частоту дискретизации.
2. Установить значения констант N и Q .
3. Описать данные, которые требуется передавать в ПК для анализа в среде LabVIEW.
4. Реализовать тело функции, в которой осуществляется ЦОС.
5. Выполнить компиляцию программы в среде VisualDSP++ и запустить ее на оценочной плате.

Таким образом, использование типового проекта избавляет программиста от необходимости вникать в особенности программирования аппаратуры.

Пункт 3 может быть опущен. В этом случае отладка программы для ЦСП должна будет проводиться средствами VisualDSP++. Следует отметить, что VisualDSP++ имеет очень хорошие средства отладки программ. Эти средства позволяют выполнять программу в пошаговом и непрерывном режимах. При выполнении программы в непрерывном режиме можно остановить программу, также можно задать точки останова. Когда программа остановлена, можно просмотреть значения данных в регистрах и памяти процессора. Данные могут быть представлены в виде графиков.

Однако существующих в VisualDSP++ отладочных средств может оказаться недостаточно. Проиллюстрируем это на примере исследования с помощью рассматриваемой установки алгоритма обработки звуковой информации в слуховых аппаратах. Алгоритм был реализован на базе типового проекта. На каждом такте обработки данных принятых с АЦП выполняются следующие действия:

1. Данные преобразуются в частотный домен.
2. Выполняется обработка данных в частотном домене согласно заданной аудиограмме.
3. Выполняется преобразование данных во временной домен.

При обработке данных в частотном домене рассчитывается энергии сигнала в заданных частотных интервалах. Для исследования алгоритма необходимо анализировать несколько тактов его работы. На каждом такте требуется сохранить следующую информацию: входной сигнал, выходной сигнал, энергию входного сигнала, энергию выходного сигнала.

Проанализировать такую информацию средствами VisualDSP++ невозможно. Это обусловлено тем, что в памяти ЦСП сохраняются только данные, требующиеся для выполнения текущего такта. Поэтому в данном случае требуется описать данные, которые требуется передавать в ПК для анализа в среде LabVIEW. Описание осуществляется следующим образом: данные объявляются глобальными, создается функции `write1` и `write2`, записывающие анализируемые данные в SRAM память оценочной платы. Функция `write1` записывает данные, которые не меняются в зависимости от такта работы. Данная функция вызывается один раз после нажатия кнопки 3 на оценочной плате. Функция `write2` записывает данные, которые меняются в процессе работы. Данная функция вызывается на каждом такте после нажатия кнопки 3. Запись данных в SRAM производится до тех пор, пока не будет заполнен заданный объем памяти. Окончание записи индицируется путем зажигания соответствующего светодиода. При повторном нажатии кнопки 3 записанная информация передается в ПК. Процесс передачи данных отображается на экране ПК в виде процента переданных данных. Тела функций `write1` и `write2` представляют собой последовательный вызов функции `write_block_SRAM`, которая входит в состав типового проекта. Заголовок `write_block_SRAM` следующий:

```
write_block_SRAM(<указатель на записываемые данные>, <размер данных>)
```

Данные, переданные в ПК, записываются в файл специального формата. Данный файл может быть загружен в LabVIEW. Для этого разработана библиотека функциональных блоков LabVIEW. Анализ записанных данных осуществляется средствами LabVIEW.

Для исследования рассматриваемого алгоритма обработки звуковой информации в слуховых аппаратах была разработана программа LabVIEW, интерфейс которой представлен на рис.2.

Программа позволяет загрузить файл с отладочной информацией и отобразить данную информацию в удобном виде. Можно анализировать входные и выходные сигналы. Входной сигнал отображается на графике 1, выходной – на графике 2. Также можно выбрать номер информационного блока, т.е. выбрать информацию, записанную на определенном такте и просмотреть ее. Для выбора блока используется элемент 3. Для выбранного блока отображаются графики входного (4) и выходного (5) сигналов, а также соответствующие графики энергий (6,7). Используемая при обработке сигнала аудиограмма отображается на графике 8.

Кроме просмотра графической информации программа позволяет прослушивать входные и выходные сигналы с помощью аппаратных средств ПК. Можно прослушивать любую часть сигнала, выделенную с помощью курсоров на графиках 1 или 2. Также можно послушать сигналы выбранного блока (графики 3 или 4). Для прослушивания сигналов служат кнопки с символом «>».

Также программа рассчитывает и отображает числовую информацию, полезную для отладки алгоритма. К такой информации относится минимальное и максимальное значение амплитуды и энергии сигналов, минимальное и максимальное значение аудиограммы и др.

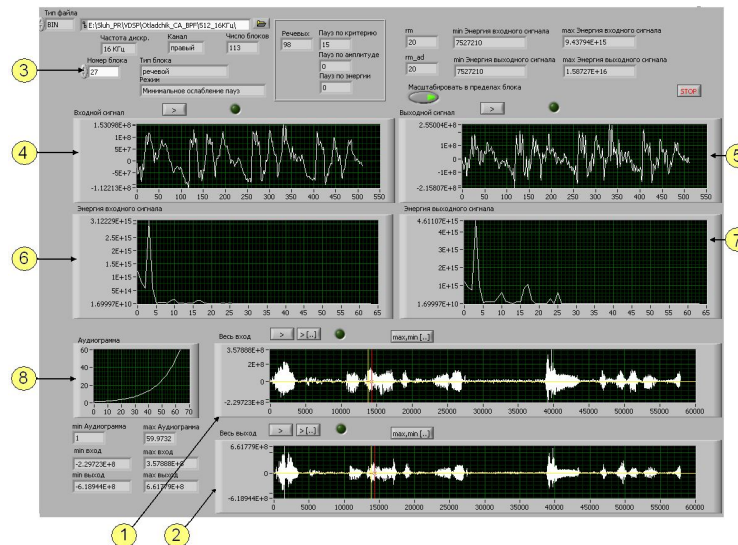


Рис. 2. Интерфейс отладочной программы

Итак, разработанная установка позволяет избавиться от программирования на низком уровне и предоставляет хорошие средства отладки программ для ЦСП ADSP-21262 SHARC. Это позволяет снизить временные и материальные затраты на исследование алгоритмов ЦОС и их реализацию на конкретной аппаратной платформе. Также установка может использоваться для обучения программированию ЦСП.

ABOUT HARDWARE SUPPORT OF DIGITAL PROCESSING OF AUDIO-SIGNALS

V.V. Muromtsev
V.A. Goloschapova

1)Belgorodskiy state university
e-mail:
muromtsev@bsu.edu.ru

The device for research of algorithms of digital processing of audio-signals is considered. The device is created on the basis of package ADSP-21262 EZ-KIT Lite including digital signal processor ADSP-21262 SHARC. The main technical characteristics of equipment and the device software are given. The software is developed in the environment of VisualDSP ++ and LabVIEW.

Keywords: digital signal processing, Digital signal processor, ADSP-21262 EZ-KIT Lite, ADSP-21262 SHARC, VisualDSP ++, LabVIEW.

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФО-КОММУТАЦИОННЫХ УСЛУГ РЕГИОНАЛЬНЫМИ СЛУЖБАМИ РЕГИСТРАЦИИ

Н.Н. Тютин¹⁾
И.М. Успенский²⁾
О.Н. Чванин³⁾

^{1),2),3)} *ОАО «НИИ суперЭВМ*

Рассматриваются системотехнические вопросы по формированию методов предоставления инфокоммутиационных услуг государственными службами регистрации через мобильные комплексы автоматизации и связи с использованием мультисервисных систем связи в регионах России.

Ключевые слова: применение информационно-коммутиационных технологий (ИКТ), государственные электронные услуги с использованием сети Интернет и ведомственных информационных региональных систем, передвижные (мобильные) информационные комплексы.

В настоящее время научно-техническая политика регионов РФ по развитию единого информационного пространства проводится по нескольким взаимосвязанным направлениям, которые по многим положениям соотносятся с федеральной целевой программой «Электронная Россия». Правительством 17.08.2007 одобрена концепция формирования электронного правительства (ЭП) страны и регионов до 2010 года. Информатизация органов государственной власти России вступила в новую фазу разработки и внедрения крупных информационных систем, направленных на поддержания функций межведомственных и ведомственных органов в интересах государств и граждан.

При этом имеет большое значение системотехнические решения формирования методов предоставления инфокоммутиационных услуг региональными органами.

При этом ставится задача оформления и получения государственных документов для граждан и организаций максимально удобным и простым. Опыт реализации принципа «одного окна» и создания комплексных геоинформационных систем управления территориями рассматривался на научно-практических Всероссийских конференциях в городах Зеленограде и Белгороде. В настоящей статье рассматриваются системотехнические решения методов предоставления инфокоммутиационных услуг с использованием мобильных информационных средств, которые находят в настоящее время применение в трудно доступных регионах РФ сельской местности.

Реализация одного из направлений концепции электронного правительства регионов

Под электронным правительством в концепции понимается новая форма организации деятельности органов государственной власти, обеспечивающая за счет широкого применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) качественно новый уровень оперативности и удобства получения гражданами и организациями государственных услуг и информации о результатах деятельности государственных органов. В концепции ЭП особый упор делается на предоставления государственных услуг с использованием сети Интернет и ведомственных защищенных информационных систем.

В рамках организации взаимодействия органов государственной власти с гражданами и организациями в процессе предоставления государственных услуг должны также широко использоваться возможности современных сетей передачи данных, в том числе сети Интернет. Перевод всего или отдельных этапов взаимодействия ведомств с гражданами и организациями в электронный вид позволит сократить время предоставления государственной услуги, снизить издержки, связанные с личным об-

ращением граждан в органы государственной власти и содержанием соответствующей материально-технической инфраструктуры и служащих, облегчить доступ к услугам со стороны граждан и организаций. Получение государственных услуг в транзакционном режиме с использованием электронных коммуникаций предполагает реорганизацию и автоматизацию всех связанных с ее предоставлением административно-управленческих процедур.

Эффект и этапы оказания услуг в электронном виде

Наибольший эффект от оказания услуг в электронном виде может быть получен в случае, если ее предоставление требует обращения в различные органы государственной власти или их взаимодействия между собой, за счет интеграции поддерживающих соответствующие процессы ведомственных информационных систем, автоматизации процедур информационного обмена между ними и обеспечения законности и юридической значимости такого взаимодействия.

На первом этапе необходимо определить перечень государственных услуг, подлежащих первоочередному переводу в электронный вид. Критерием отбора являются социальная и общественная значимость государственной услуги, а также социально-экономический эффект от ее перевода в электронный вид.

При этом можно выделить следующие приоритетные группы государственных услуг для внедрения электронных средств коммуникаций в процессы их предоставления:

- государственные услуги в сфере регистрации и учета объектов недвижимости, а также прав на них;
- государственные услуги в сфере обеспечения социальной помощи и социальных выплат;
- государственные услуги в сфере изменения гражданско-правового статуса;
- государственные услуги в сфере получения разрешений для предпринимательской деятельности.

На втором этапе определяется порядок и очередность перевода услуг в электронный вид, проводится модернизация ведомственных информационных систем.

Основным направлением реализации государственной политики в сфере региональной информатизации является создание в регионе комплекса государственных и муниципальных информационных систем, обеспечивающих поддержку деятельности органов государственной власти региона и органов местного самоуправления, объединяемых на основе общей информационно-технологической инфраструктуры региона, рассматриваемой как электронное правительство региона. В регионах начинают создаваться многофункциональные центры, где государственные и региональные власти оказывают своим гражданам различные информационные услуги. По сути, эти центры – попытка объединить под одной крышей чиновников разных структур и ведомств с реализацией принципа «одного окна».

Предусматривается предоставление государственных услуг с использованием многофункциональных центров и сети Интернет на основе создания единой инфраструктуры обеспечения юридически значимого межведомственного автоматизированного информационного взаимодействия и взаимодействия государственных органов с гражданами и организациями.

В целях повышения удобства при очном взаимодействии граждан и организаций с органами государственной власти должны создаваться многофункциональные центры предоставления государственных и муниципальных услуг (далее – многофункциональные центры). Многофункциональные центры создаются для обеспечения предоставления комплекса взаимосвязанных между собой государственных услуг федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления в режиме «одного окна». При этом межведомственное взаимодействие, необходимое для оказания

государственной услуги (включая необходимые согласования, получение выписок, справок и т. п.), должно происходить без участия заявителя.

Активно развивается мобильный компонент – выносной комплекс как часть многофункционального центра, где в режиме "он-лайн" можно оказывать информационные услуги по регистрационным вопросам, связанных с оформлением недвижимости и земельных участков садовых товариществ и сельхозпроизводителей в сельской местности.

Проанализируем возможности разработки и внедрения на основе созданной ИКТ-информатики современных технологий и систем, обеспечивающих предоставление пользователям новых видов интерактивных сервисов и информационных услуг. Ключом к решению этой задачи является развитие аналитической компоненты создаваемых информационных систем на основе разработки и внедрения соответствующих инструментальных средств обработки данных, новых методов предоставления государственных услуг и подходов по организации обучающих центров для сотрудников органов регистрации, предоставляющие эти услуги.

Для успешной работы электронных правительств регионов России должны быть использованы соответствующие эффективно функционирующие защищенные мультисервисные сети связи (МСС), которые являются основой для построения ведомственных информационных сетей и информационных систем.

Возможности использования и развития многоступенчатых мультисервисных сетей связи

На рис. 1 показана функциональная схема МСС Управления Федеральной Регистрационной Службы (УФРС) Московской области (МО), построенная по принципам наложения на инфраструктуру МСС Московского филиала ОАО «ЦентрТелеком» и использования транзитной сети оператора связи ОАО «Ростелеком» (ММТС) через которую осуществляется информационная работа региональной регистрационной службы Московской области.

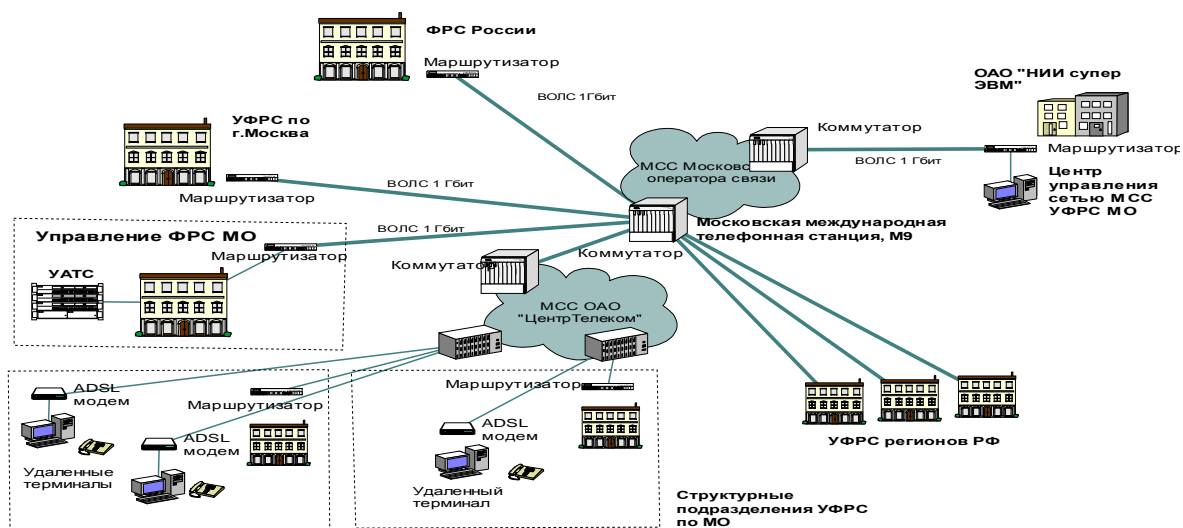


Рис. 1. Функциональная схема МСС УФРС МО

Существующие ведомственные информационные системы, созданные при участии ОАО «НИИ супер ЭВМ», позволяют обеспечивать решение следующих информационных задач:

1. Повышение оперативности, эффективности и качества работы структурных подразделений по предоставлению государственных услуг регистрации для населения и юридических лиц МО.

2. Обеспечение круглосуточной, непрерывной, надежной связи для функционирования единой корпоративной сетевой инфраструктуры, объединяющей внутренние служебные сети передачи данных и центр обработки данных УФРС МО.

3. Обеспечение работы прикладных технологических и информационных систем УФРС МО.

4. Обеспечение заданного электронного документооборота.

5. Обеспечение видеоконференцсвязью и корпоративной телефонной связью с единым планом внутренней нумерации для организаций УФРС МО.

6. Обеспечение доступа подразделений УФРС МО к единой базе данных и центру обработки данных УФРС МО (Центральный узел УФРС МО).

7. Предоставления информационных государственных услуг населению.

Выявленные в результате анализа и опыта работы системные связи и закономерности функционирования объектов ведомственной регистрационной службы позволяют сформулировать определенные требования к построению ведомственных информационных систем, направленные на повышение эффективности и надежности управления, а также на необходимость совершенствования существующих методов обработки информации в части электронных услуг через выносные и мобильные комплексы обработки информации и организации обучающего центра для подготовки специалистов службы регистрации.

Предложения по построению передвижного пункта с комплексом средств автоматизации и связи (для ФРС), для предоставления информационных услуг

Для обеспечения работоспособности передвижных пунктов с региональным отделением УФРС должна быть реализована схема взаимодействия, показанная на рис.2.

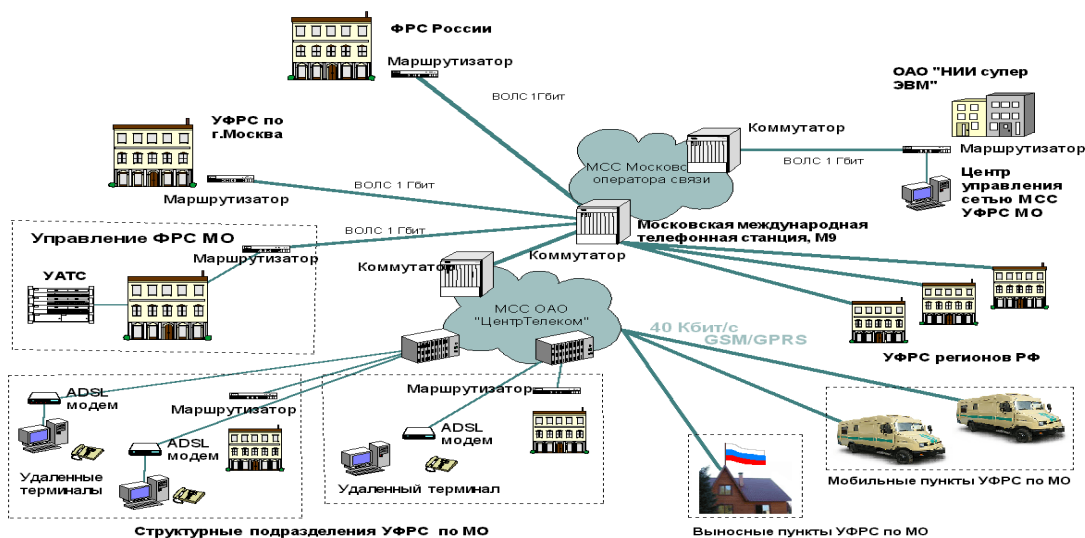


Рис. 2. Дополнение структуры ФРС передвижными пунктами

Для обеспечения работоспособности мобильного комплекса и входящего в него платежного киоска должна быть реализована схема взаимодействия передвижного абонентского комплекса с региональными структурами банка по схеме приведенный на рис.3.

Состав технических средств региона-
нального отделения банка

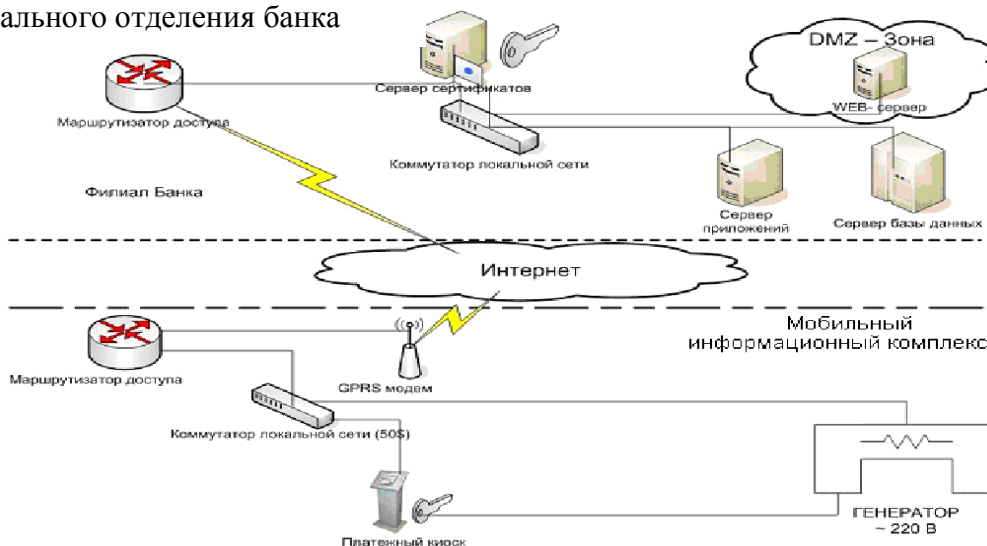


Рис. 3. Схема взаимодействия передвижного пункта с банковскими региональными структурами

Предлагается использования мобильного комплекса, который является многофункциональным информационно-вычислительным комплексом на базе конверсионного изделия. Функциональная схема мобильного информационного комплекса показана на рис.4.

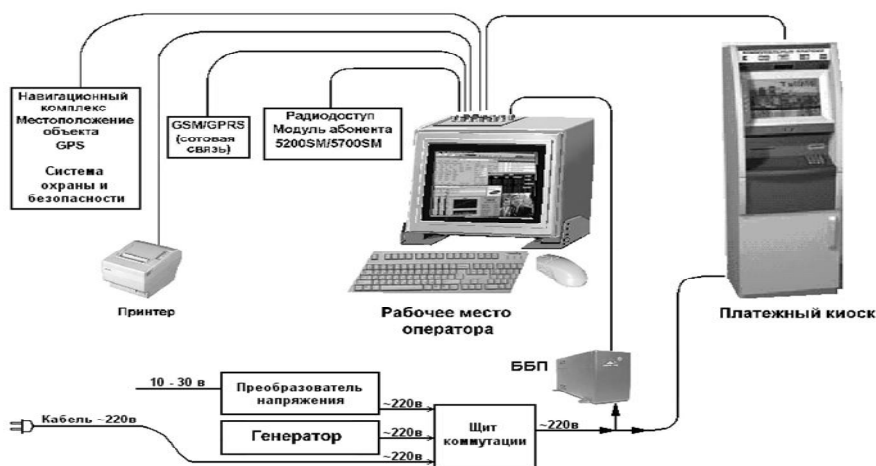


Рис. 4. Функциональная схема мобильного информационного комплекса

Аппаратно-программный комплекс и его основное оборудование может быть размещено в мобильном передвижном пункте.

Мобильные комплексы можно создавать на базе транспортных средств (автобусов, автомобилей повышенной проходимости или выносных контейнеров перебрасывания различным видом транспорта). При этом наиболее оптимальным является модульный принцип построения мобильных офисов, такие отсеки (рабочий, бытовой, спальня, аппаратный) должны быть оборудованы комплексами средств автоматизации, связи, защиты информации, жизнеобеспечения и энергоснабжения. Сочетание отсеков, их количеством и размеры формируют функционал и пространство мобильного офиса. На рис. 5 показан мобильный комплекс в разрезе.

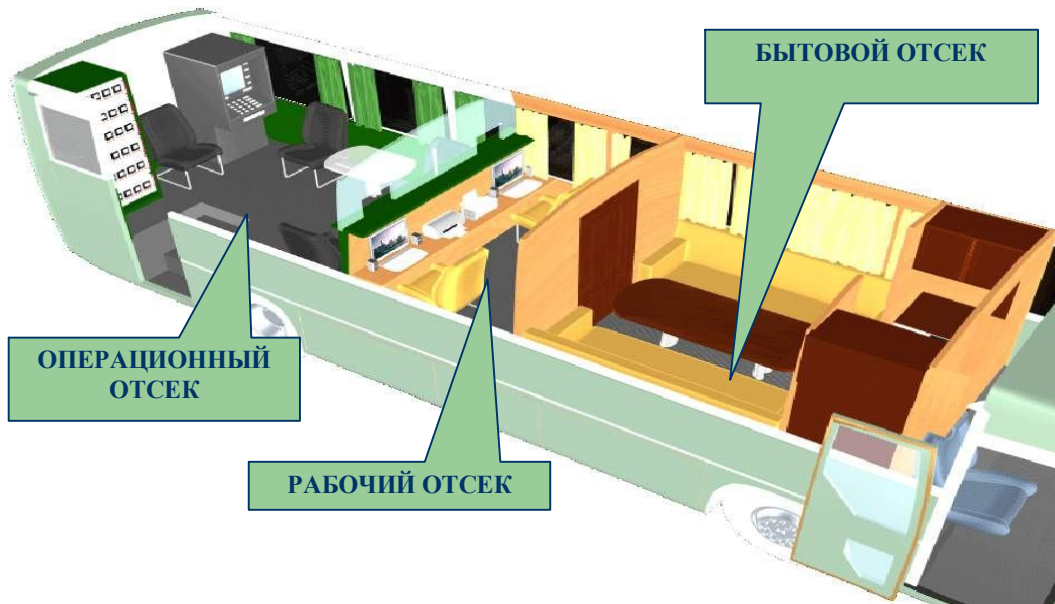


Рис. 5. Мобильный комплекс в разрезе

Передвижные пункты обслуживания начали внедряться в структурах «Почта России» и «Сбербанка», где планируется ими оснастить отдаленные и труднодоступные регионы страны, которые по мимо почтовых услуг могут предоставлять финансовые услуги. В почтовых фургонах россияне смогут не только отправлять корреспонденцию, получать пенсии и пособия, но и отправлять и получать денежные переводы, открывать или наоборот закрывать вклады, погашать кредиты, оплачивать коммунальные услуги и пользоваться Интернетом. Для работы органов регистрации на первом этапе реализации может быть рекомендована следующая упрощенная схема реализации подвижного регистрационного пункта.

Для размещения аппаратуры мобильного информационного комплекса с учетом информационного комплекса с платежным киоском, требований к технической укрепленности и оборудованию передвижного пункта кассовых операций банка (ППКО), определенных указанием ЦБ РФ №1548У от 07.02.2005 г., предлагается специальный бронированный автомобиль "передвижной мобильный комплекс" ДИСА-29552 на базе автомобиля ЗИЛ-5301СС фирмы "ДИСА". Один из вариантов планировки рабочих отсеков представлен на рис. 6. В составе мобильного информационного комплекса должен быть предусмотрен навигационный комплекс на основе системы GPS (GPS -спутниковая система навигации) — комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты над уровнем моря), а также параметров движения (скорости, пройденного пути и т.д.).

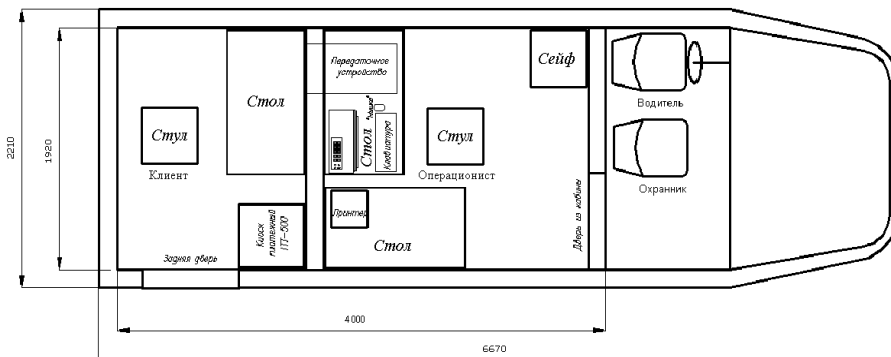


Рис. 6. Планировка рабочего отсека

GPS-приёмник может подключаться посредством различных интерфейсов, в том числе и беспроводных. Для нормального функционирования GPS-приёмника потребуется программное обеспечение типа «dKart Navigator» (v 2.12 или выше) с набором электронных карт местности, в пределах которой будет перемещаться мобильный комплекс.

Внедрение предлагаемых методов регистрационных услуг в составе действующей информационной сети позволяет органам Государственной регистрационной службы МО сделать оценку социально-экономической эффективности по следующим основным направлениям:

- снижение трудозатрат органов УФРС на организацию обмена информацией на межрайонном уровне до 50%, за счет внедрения электронного документооборота и доступности государственных информационных ресурсов районным органам регистрации;
- уменьшение административной нагрузки на граждан, снижение количество обращений граждан в органы государственной регистрации за счет формирования и обеспечения доступа к единой базе данных и центру обработки информации.

В статье исследованы системотехнические решения по созданию инструмента реализации государственных регистрационных электронных услуг через ведомственные защищенные информационные системы с использованием передвижного (мобильного) комплекса, который является частью многофункционального информационно-вычислительного пункта регионального уровня.

Литература

1. Волкова В.Н. Цель, целеобразование, структуризация, анализ: учебное пособие / СПб.: Школа «Public Relations», 1996, 77с.
2. Волкова В.Н. Методы формализованного представления систем: учебное пособие/ Денисов А.А. Темников Ф.Е. – СПб.:СПбГТУ, 1993, 107с.
3. Храмешин А.Г. Системные решения актуальных задач разработки перспективных проблемно-ориентированных территориальных систем управления реального времени. – М.: МАРТИТ, диссертация, 2007.
4. Тютин Н.Н., Чудинов С.М. Подходы по использованию методов системного анализа для решения задач при формировании структуры электронного правительства региона [Текст]/ М.: Вестник МАРТИТ, № 1, 2007, стр. 69-79.

SYSTEMTECHNICAL DECISIONS OF THE OF FORMATION OF METHODS OF GRANTING INFORMATION AND SWITCHING SERVICES BY REGIONAL SERVICES OF REGISTRATION

N.N. Tyutin
I.M. Uspensky
O.N. Chvanin

Systemtechnical questions are considered on formation of methods of granting information and switching services by state services of registration through mobile complexes of automation and communication with use of multiservice systems of communication in regions of Russia.

OAC "SRI superCOMPUTER"

Keywords: application of information and switching technologies (IST), state electronic services with use of a network the Internet and departmental information regional systems, relocatable (mobile) information complexes.

О РАЗЛИЧИЯХ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ И НЕИНФОРМАЦИОННЫХ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ РЕЧЕВОГО ДИАПАЗОНА

С.П. Белов¹⁾

А.С. Белов²⁾

¹⁾ Белгородский государственный университет
e-mail: Belov@bsu.edu.ru

²⁾ Белгородский государственный университет
e-mail: Belov_as@bsu.edu.ru

В статье представлена классификация информационных звуковых сигналов и неинформационных помех с позиции их информативности. Классификация проводится на основе различия в распределении долей энергии рассматриваемых информационных звуковых сигналов и неинформационных помех в выбранных частотных интервалах. При этом используется метод вычисления точных значений долей энергии.

Ключевые слова: частотные представления, базис Фурье, информационные звуковые сигналы, неинформационные звуковые сигналы.

Достаточно часто в различных задачах, связанных с обработкой звуковых сигналов, возникает необходимость различения информационных и неинформационных звуковых сигналов речевого диапазона.

В данной статье рассматривается один из подходов к различению информационных звуковых сигналов от неинформационных с позиции идентификации сигнала человеком, т.е. соотнесение воспринимаемого звука с окружающими объектами. Информационный звуковой сигнал обладает определённой регулярностью (квазипериодичностью), в то время как неинформационный таким свойством не обладает и по своей структуре близок к характеристикам белого шума. Уместно отметить, что в этом случае целесообразно различение таких сигналов производить с позиций частотных представлений.

Анализ речевой информации на основе частотных представлений обладает рядом преимуществ. Во-первых, акустический анализ механизма речеобразования показывает, что распределение нулей и полюсов коэффициента передачи даёт достаточно четкое описание звуков речи. Во-вторых, совершенно очевидно, что в начальной стадии процесса восприятия ухо производит некоторый грубый частотный анализ. Таким образом, характерные особенности, которые проявляются в результате анализа на основе частотных представлений, играют важную роль в процессах восприятия и воспроизведения.

Наибольшее распространение получило разложение по базису Фурье, где произвольная непрерывная функция $f(t)$ для которой выполняется условие конечности энергии

$$\int_{t_1}^{t_2} \|f(t)\|^2 dt < \infty$$

может быть абсолютно точно представлена в виде бесконечной суммы ряда:

$$f(t) = c_0\varphi_0(t) + c_1\varphi_1(t) + c_2\varphi_2(t) + \dots + c_n\varphi_n(t) + \dots,$$

где $\varphi_n(t)$ – система ортогональных непрерывных функций, c_n – коэффициенты ряда.

Для непериодических сигналов конечной длительности $f(t)$, какими и являются речевые сигналы, используется форма разложения, при которой дискретность или шаг вычисления спектра стремится по величине к нулю и дискретный ряд Фурье переходит в интеграл Фурье или преобразование Фурье:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\nu) e^{j\nu t} d\nu.$$

Это выражение представляет непериодическую функцию $f(t)$, как бесконечную сумму экспоненциальных функций $\exp(vt)$ с частотами на интервале $(-\infty < v < \infty)$ и весами, определяемыми для каждой частоты величиной $X(v)$.

При реализации процедуры различения информационных звуковых сигналов от неинформационных очень важным является знание особенностей распределения их энергии в частотной области. Для этого используется равенство Парсеваля, которое в математическом виде может быть записано следующим образом:

$$\|\bar{x}\|^2 = \sum_{k=1}^N x_k^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |X(v)|^2 dv,$$

так что

$$P_r(\bar{x}) = \frac{1}{2\pi} \int_{v \in V_r} |X(v)|^2 dv$$

представляет собой долю энергии отрезка сигнала (евклидовой нормы вектора), соответствующую r -ому частотному интервалу.

Математические основы

В настоящее время, в задачах частотной обработки для обеспечения высокой скорости получения конечных результатов, широко используются алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ). Однако, наряду с преимуществами в скорости вычислений БПФ обладает рядом недостатков по сравнению с дискретным преобразованием Фурье, главный из которых – возможная потеря информации из-за дискретизации области определения трансформанты Фурье [1].

Исходя из этого, в статье классификация информационных звуковых сигналов и неинформационных помех проводится на основе применения метода вычисления точных значений долей энергии в выбранных частотных интервалах, изложенного в [2]. Суть данного метода состоит в следующем.

Пусть компоненты вектора $\bar{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$ представляют собой значения некоторого звукового сигнала (функции времени), которые соответствуют значениям аргумента $i\Delta t$, т.е.

$$x_i = x(i\Delta t), \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где Δt - интервал дискретизации по времени.

Положим далее

$$X(v) = \sum_{k=1}^N x_k e^{-j(k-1)v}, \quad (2)$$

т.е. $X(v)$ представляет собой трансформанту Фурье (амплитудный частотный спектр (АМС)) отрезка отсчетов сигнала (вектора), в качестве области определения которой естественно рассматривать (нормированная частота)

$$-\pi \leq v \leq \pi, \quad (3)$$

так что имеет место обратное преобразование (справедливо представление)

$$x_i = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(v) e^{j(i-1)v} dv. \quad (4)$$

Отсюда нетрудно получить равенство Парсеваля

$$\|\bar{x}\|^2 = \sum_{k=1}^N x_k^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |X(\nu)|^2 d\nu, \quad (5)$$

так что

$$P_r(\bar{x}) = \frac{1}{2\pi} \int_{\nu \in V_r} |X(\nu)|^2 d\nu \quad (6)$$

представляет собой долю энергии отрезка сигнала (евклидовой нормы вектора), соответствующую частотному интервалу

$$V_r = [-\nu_2^r, -\nu_1^r) \cup [\nu_1^r, \nu_2^r). \quad (7)$$

Подстановка определения (2) в интеграл (6) позволяет получить выражение вида:

$$P_r(\bar{x}) = \bar{x}^T A_r \bar{x}, \quad (8)$$

где $A_r = \{a_{ik}^r\}$,

$$a_{ik}^r = \begin{cases} \frac{\sin[\nu_2^r(i-k)] - \sin[\nu_1^r(i-k)]}{\pi(i-k)}, & i \neq k \\ \frac{\nu_2^r - \nu_1^r}{\pi}, & i = k \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, данный метод позволяет осуществить точное вычисление долей энергии анализируемых сигналов в частотной области. Следовательно, его применение обеспечит максимальную достоверность различения информационных и неинформационных звуковых сигналов речевого диапазона на основе учета различия в распределении их энергии в выбранных частотных интервалах.

Результаты вычислительных экспериментов

Экспериментальные исследования проводятся с целью выявления закономерностей сосредоточенности энергий в частотных интервалах в звуках речи и стандартных шумовых обстановках.

В качестве меры сосредоточенности энергии предлагается использовать отношение

$$S = \frac{\sum_{k=1}^{r*\alpha} P_{sort\ k}}{\sum_1^r P_r} > h_\alpha, \quad r = 1, \dots, R;$$

Здесь: R – общее количество частотных интервалов;

P_r – значение доли энергии сосредоточенной в r -том частотном интервале;

$P_{sort\ k}$ – сумма долей энергии в $(10*\alpha)\%$ частотных интервалов имеющее максимальное значение (значения энергии в частотных интервалах заранее отсортировываются по убыванию);

h_α – порог, удовлетворяющий условию



В качестве эмпирических данных были использованы отрезки звуковых файлов записанных на диктофон в стандартных обстановках (в аудитории на лекции, в лифте, на улице) с параметрами: частота дискретизации 8000 и 16000 Гц, количество разрядов квантования 16.

Длина анализируемого отрезка выбрана равной $N=256, 512$.

Область определения трансформант Фурье дискретных сигналов $[0, \pi]$ разбивается на R одинаковых частотных интервалов, таких что $\nu_{2r} - \nu_{1r} = \Delta\nu = \text{const}$, причем такие R , что M является целым числом ($N=MR$).

В ходе экспериментов для всех значений N используется различное разбиение оси частот на R частотных интервалов, а именно:

При $N=256$ $R=16, 32, 64$.

При $N=512$ $R=16, 32, 64$.

Длина анализируемых сигналов варьирует от 2000 до 3000 отсчетов. В таблицах 1-4 приведены основные результаты экспериментальных исследований: какая доля энергии анализируемого отрезка сигнала (в процентах) сконцентрирована в каком количестве частотных интервалов (в долях) для различных отрезков букв, с числом отсчетов N , указанных в заголовках таблиц.

Таблица 1

Концентрация энергии в доле частотных интервалов в звуках речи и стандартных шумовых обстановках при частоте дискретизации 16000 Гц, с $N=256, R=16$

		256_16																					
		90%							95%							99%							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
а	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,25	0,31	0,31	0,31	0,38		
б	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,25	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13		
в	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,19	0,25	0,19	0,13	0,19	0,06		
г	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,06	0,25	0,19	0,25		
д	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13		
е	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,19	0,25	0,38	0,31	0,25	0,25	0,13		
ё	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,13	0,13	0,13	0,25	0,13	0,19	0,25	0,25	0,19	0,13		
ж	0,06	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,13	0,31	0,25	0,25	0,31	0,25	0,31	0,44	0,44	0,44	0,44	0,50	0,50	0,50		
з	0,06	0,13	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,06	0,13	0,13	0,19	0,19	0,31	0,44	0,19	0,19	0,19	0,25	0,25		
и	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,31	0,31	0,31	0,25	0,31	0,31	0,38		
й	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,19	0,06	0,38	0,38	0,31		
к	0,06	0,06	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,19	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,44	0,31	0,25	0,31	0,31	0,31	0,31		
л	0,06	0,06	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19		
м	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13		
н	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,25	0,31	0,31		
о	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13		
п	0,13	0,06	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,19	0,13	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,31	0,31	0,50	0,38	0,38	0,38	0,38		
р	0,13	0,19	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,25	0,25	0,25	0,25	0,31	0,31	0,38	0,38	0,31	0,31		
с	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,25	0,13	0,25	0,31	0,44	0,44	0,38	0,44	0,38	0,44	0,44		
т	0,13	0,25	0,25	0,06	0,13	0,13	0,19	0,25	0,31	0,31	0,06	0,13	0,13	0,19	0,44	0,50	0,44	0,25	0,31	0,31	0,38		
у	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13		
ф	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,31	0,25	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,44	0,38	0,19	0,31	0,31	0,31	0,31		
х	0,13	0,19	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13	0,19	0,25	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13	0,25	0,31	0,31	0,31	0,13	0,13	0,13		



продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ц	0,06	0,06	0,13	0,13	0,19	0,25	0,25	0,13	0,19	0,19	0,25	0,25	0,31	0,31	0,06	0,06	0,13	0,13	0,19	0,25	0,25
ч	0,25	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,25	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
ш	0,06	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,13	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,06	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
щ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,31	0,31	0,25	0,31	0,25	0,31	0,31	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ы	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
э	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,13	0,19	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
ю	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,06	0,06	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
я	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,06	0,13	0,13	0,19	0,19	0,19	0,06	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13
п1	0,38	0,38	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,44	0,44	0,44	0,44	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
п2	0,13	0,06	0,25	0,06	0,44	0,44	0,44	0,25	0,19	0,31	0,19	0,44	0,69	0,75	0,13	0,06	0,25	0,06	0,44	0,44	0,44
п3	0,31	0,31	0,31	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,44	0,44	0,31	0,31	0,31	0,38	0,38	0,38	0,38

п1, п2, п3 – участки сигнала принадлежащего к паузе

Таблица 2

Концентрация энергии в доле частотных интервалов в звуках речи и стандартных шумовых обстановках при частоте дискретизации 16000 Гц, с N=256, R=32

256_32																					
	90%							95%							99%						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
а	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,19	0,22	0,28	0,28	0,28	0,28
б	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,22	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13
в	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,13	0,19	0,16	0,13	0,16	0,16
г	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,16	0,09	0,13	0,09	0,09	0,06	0,06	0,25	0,19	0,22
д	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
е	0,06	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,06	0,09	0,16	0,16	0,13	0,13	0,13	0,16	0,22	0,34	0,31	0,22	0,22	0,22
ё	0,09	0,09	0,09	0,13	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,16	0,13	0,13	0,13	0,22	0,13	0,16	0,22	0,22	0,16	0,09
ж	0,06	0,19	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,13	0,25	0,22	0,19	0,25	0,25	0,25	0,34	0,44	0,41	0,38	0,44	0,34	0,34
з	0,06	0,09	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,16	0,06	0,09	0,09	0,13	0,13	0,28	0,41	0,19	0,16	0,16	0,22	0,44
и	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,28	0,28	0,25	0,25	0,25	0,28	0,44
й	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,13	0,06	0,16	0,06	0,38	0,38	0,31
к	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,41	0,28	0,22	0,31	0,44	0,44	0,44
л	0,06	0,06	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,06	0,09	0,13	0,09	0,13	0,13	0,13	0,16	0,13	0,16	0,16	0,16	0,34	0,44
м	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,13	0,09	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13
н	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,16	0,16	0,16	0,16	0,25	0,28	0,44
о	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,13	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,38	0,38
п	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,16	0,09	0,19	0,09	0,09	0,09	0,09	0,31	0,31	0,44	0,34	0,34	0,38	0,38
р	0,13	0,16	0,13	0,13	0,16	0,16	0,16	0,13	0,19	0,16	0,19	0,22	0,22	0,22	0,22	0,31	0,28	0,31	0,34	0,41	0,38
с	0,09	0,06	0,09	0,09	0,03	0,13	0,13	0,19	0,16	0,13	0,19	0,13	0,22	0,22	0,44	0,38	0,38	0,41	0,34	0,41	0,38
т	0,09	0,19	0,19	0,06	0,06	0,06	0,06	0,22	0,28	0,28	0,06	0,06	0,06	0,06	0,41	0,44	0,41	0,19	0,19	0,22	0,22
у	0,09	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,03	0,09	0,09	0,13	0,09	0,09	0,13
ф	0,19	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,25	0,22	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,41	0,34	0,19	0,28	0,25	0,28	0,28
х	0,13	0,16	0,16	0,13	0,06	0,06	0,06	0,16	0,22	0,19	0,13	0,06	0,06	0,06	0,22	0,31	0,28	0,25	0,13	0,13	0,13
ц	0,03	0,06	0,06	0,13	0,16	0,16	0,16	0,13	0,16	0,19	0,25	0,22	0,22	0,22	0,38	0,38	0,38	0,41	0,41	0,41	0,44
ч	0,25	0,25	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25	0,34	0,34	0,31	0,31	0,34	0,34	0,34	0,47	0,47	0,47	0,44	0,44	0,44	0,50
ш	0,06	0,31	0,34	0,34	0,34	0,38	0,34	0,09	0,38	0,41	0,44	0,44	0,44	0,47	0,22	0,47	0,50	0,56	0,56	0,53	0,53



продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
щ	0,16	0,16	0,19	0,19	0,16	0,16	0,16	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	0,25	0,22	0,44	0,41	0,44	0,41	0,38	0,44	0,41
ы	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,19	0,22	0,31	0,16	0,16	0,16	0,16
э	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,19	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28	0,28
ю	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,09	0,22	0,22	0,19	0,13	0,13	0,16
я	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,13	0,13	0,06	0,06	0,09	0,09	0,19	0,16	0,19	0,13	0,06	0,22	0,22	0,31	0,31	0,34
ш	0,34	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,25	0,41	0,38	0,38	0,38	0,38	0,34	0,34	0,47	0,47	0,50	0,47	0,44	0,41	0,44
п2	0,09	0,03	0,22	0,03	0,34	0,38	0,38	0,22	0,16	0,31	0,16	0,41	0,41	0,41	0,38	0,34	0,47	0,34	0,47	0,47	0,47
п3	0,31	0,28	0,28	0,28	0,31	0,31	0,34	0,34	0,31	0,34	0,34	0,34	0,38	0,38	0,41	0,41	0,38	0,41	0,41	0,41	0,41

п1, п2, п3 – участки сигнала принадлежащего к паузе

Таблица 3

Концентрация энергии в доле частотных интервалов в звуках речи и стандартных шумовых обстановках при частоте дискретизации 16000 Гц, с N=256, R=64

1	90%								95%							99%						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
а	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,11	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	0,22	0,28	0,28	0,25	0,27	
б	0,06	0,05	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,20	0,19	0,17	0,11	0,11	0,14	0,17	
в	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,11	0,19	0,13	0,11	0,16	0,14	
г	0,03	0,03	0,03	0,03	0,09	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,14	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,22	0,19	0,19	
д	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,05	0,08	0,08	0,08	0,06	
е	0,05	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,14	0,13	0,11	0,11	0,13	0,13	0,20	0,31	0,30	0,20	0,20	0,20	
ё	0,06	0,06	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,13	0,11	0,09	0,09	0,20	0,13	0,16	0,22	0,20	0,16	0,17	
ж	0,06	0,16	0,13	0,13	0,16	0,16	0,13	0,11	0,23	0,20	0,19	0,25	0,23	0,22	0,33	0,39	0,38	0,34	0,41	0,38	0,36	
з	0,06	0,08	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08	0,14	0,06	0,08	0,08	0,11	0,08	0,27	0,41	0,19	0,14	0,14	0,22	0,22	
и	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,27	0,27	0,20	0,23	0,23	0,27	0,25	
й	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,08	0,09	0,08	0,13	0,06	0,16	0,06	0,36	0,36	0,27	
к	0,06	0,05	0,08	0,06	0,08	0,06	0,06	0,13	0,08	0,11	0,13	0,16	0,14	0,08	0,39	0,27	0,19	0,30	0,27	0,27	0,22	
л	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,14	0,13	0,16	0,14	0,14	0,14	0,16	
м	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,16	0,13	0,11	0,11	0,11	
н	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,13	0,14	0,13	0,14	0,22	0,28	0,27	
о	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,13	0,13	0,11	0,09	0,11	0,13	0,13	
п	0,08	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,08	0,14	0,08	0,17	0,08	0,08	0,08	0,06	0,31	0,30	0,42	0,31	0,33	0,36	0,34	
р	0,09	0,13	0,09	0,11	0,14	0,14	0,13	0,13	0,17	0,14	0,16	0,20	0,19	0,17	0,22	0,28	0,25	0,28	0,33	0,31	0,30	
с	0,08	0,06	0,08	0,09	0,03	0,09	0,08	0,17	0,14	0,13	0,19	0,11	0,19	0,17	0,41	0,36	0,36	0,39	0,30	0,38	0,34	
т	0,09	0,17	0,17	0,05	0,06	0,06	0,05	0,19	0,27	0,27	0,06	0,06	0,08	0,09	0,38	0,44	0,39	0,19	0,22	0,20	0,20	
у	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,09	
ф	0,17	0,13	0,09	0,09	0,11	0,13	0,11	0,23	0,19	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,38	0,34	0,19	0,28	0,34	0,36	0,38	
х	0,13	0,16	0,13	0,09	0,03	0,09	0,11	0,14	0,20	0,17	0,11	0,05	0,06	0,13	0,22	0,28	0,28	0,23	0,13	0,11	0,17	
ц	0,03	0,05	0,06	0,11	0,13	0,09	0,11	0,09	0,14	0,16	0,19	0,20	0,20	0,19	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39	0,39	0,41	
ч	0,23	0,22	0,22	0,20	0,20	0,23	0,23	0,31	0,31	0,28	0,30	0,28	0,30	0,31	0,47	0,45	0,44	0,42	0,45	0,44	0,41	
ш	0,05	0,28	0,31	0,34	0,36	0,42	0,41	0,08	0,36	0,38	0,41	0,39	0,39	0,38	0,20	0,47	0,48	0,56	0,55	0,55	0,53	
щ	0,16	0,14	0,14	0,16	0,14	0,16	0,14	0,22	0,22	0,20	0,22	0,17	0,23	0,20	0,39	0,36	0,39	0,38	0,34	0,41	0,42	
ы	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,20	0,30	0,14	0,25	0,27	0,30	
э	0,09	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	
ю	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08	0,20	0,22	0,17	0,11	0,17	0,23	



продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
я	0,05	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,08	0,08	0,14	0,13	0,13	0,13	0,06	0,20	0,19	0,30	0,28	0,27
п1	0,31	0,28	0,30	0,28	0,27	0,25	0,25	0,38	0,34	0,36	0,36	0,34	0,31	0,33	0,45	0,45	0,47	0,45	0,42	0,39	0,42
п2	0,08	0,03	0,19	0,03	0,31	0,34	0,42	0,17	0,11	0,28	0,13	0,38	0,39	0,44	0,34	0,30	0,44	0,33	0,45	0,48	0,47
п3	0,27	0,25	0,28	0,27	0,28	0,28	0,28	0,33	0,30	0,31	0,31	0,33	0,31	0,34	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,42

п1, п2, п3 – участки сигнала принадлежащего к паузе

Таблица 4

Концентрация энергии в доле частотных интервалов в звуках речи и стандартных шумовых обстановках при частоте дискретизации 8000 Гц, с N=512, R=16, 32, 64

	512_16			512_32			512_64		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%
а	0,25	0,31	0,38	0,19	0,22	0,31	0,11	0,16	0,25
б	0,13	0,13	0,25	0,09	0,13	0,22	0,06	0,09	0,20
в	0,13	0,13	0,25	0,06	0,09	0,22	0,05	0,06	0,17
г	0,06	0,13	0,13	0,03	0,06	0,13	0,02	0,06	0,11
д	0,06	0,13	0,13	0,06	0,09	0,13	0,05	0,08	0,11
е	0,19	0,25	0,50	0,16	0,19	0,44	0,11	0,16	0,41
ё	0,19	0,19	0,31	0,09	0,16	0,28	0,05	0,11	0,23
ж	0,25	0,38	0,75	0,19	0,31	0,66	0,16	0,30	0,63
з	0,13	0,13	0,31	0,09	0,13	0,28	0,08	0,11	0,27
и	0,13	0,13	0,25	0,06	0,09	0,22	0,03	0,08	0,20
й	0,13	0,13	0,13	0,09	0,09	0,13	0,06	0,08	0,11
к	0,13	0,13	0,31	0,09	0,13	0,28	0,08	0,11	0,25
л	0,13	0,13	0,25	0,09	0,13	0,22	0,06	0,09	0,19
м	0,06	0,06	0,19	0,03	0,06	0,16	0,02	0,05	0,13
н	0,06	0,13	0,19	0,03	0,09	0,19	0,02	0,06	0,16
о	0,19	0,19	0,25	0,13	0,16	0,19	0,06	0,08	0,16
п	0,13	0,19	0,50	0,13	0,19	0,50	0,13	0,17	0,48
р	0,25	0,31	0,50	0,19	0,28	0,47	0,16	0,25	0,44
с	0,13	0,25	0,69	0,09	0,22	0,69	0,08	0,22	0,64
т	0,13	0,19	0,69	0,09	0,19	0,66	0,09	0,19	0,63
у	0,13	0,19	0,19	0,13	0,16	0,19	0,08	0,11	0,16
ф	0,19	0,25	0,50	0,16	0,22	0,44	0,16	0,20	0,44
х	0,25	0,31	0,50	0,25	0,31	0,47	0,23	0,30	0,45
ц	0,13	0,38	0,75	0,09	0,31	0,75	0,09	0,27	0,70
ч	0,50	0,63	0,88	0,47	0,59	0,84	0,44	0,58	0,81
ш	0,50	0,63	0,88	0,41	0,56	0,81	0,36	0,50	0,80
щ	0,31	0,50	0,81	0,31	0,44	0,75	0,25	0,39	0,72
ы	0,19	0,19	0,25	0,13	0,16	0,22	0,06	0,08	0,20
э	0,19	0,31	0,50	0,09	0,19	0,41	0,06	0,13	0,31
ю	0,13	0,13	0,31	0,13	0,13	0,31	0,09	0,13	0,28
я	0,13	0,19	0,38	0,13	0,16	0,34	0,11	0,13	0,30
п1	0,69	0,81	0,94	0,63	0,75	0,94	0,58	0,72	0,89
п2	0,13	0,38	0,75	0,09	0,34	0,72	0,09	0,31	0,69
п3	0,63	0,69	0,81	0,56	0,66	0,75	0,53	0,61	0,73

п1, п2, п3 – участки сигнала принадлежащего к паузе



Как видно из результатов экспериментальных исследований энергия речевых сигналов сосредоточена в малом количестве частотных интервалов, тогда как энергия шумов довольно равномерно распределена по всей оси частот. Следовательно, применение алгоритмов, разработанных на базе нового метода вычисления точных долей энергии, позволяет обеспечить максимальную достоверность различения информационных и неинформационных звуковых сигналов речевого диапазона на основе учета различия в распределении долей их энергии в выбранных частотных интервалах.

Литература

1. Жилияков, Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. / Е.Г. Жилияков. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. -160 с.
2. Жилияков, Е.Г. Вариационные методы частотного анализа звуковых сигналов [Текст] / Е.Г. Жилияков, С.П.Белов, Е.И. Прохоренко // Труды учебных заведений связи. – СПб, 2006. вып. 174. – с. 163-172
3. Жилияков, Е.Г. Уменьшение объема битового представления речевых данных на основе нового метода удаления пауз [Текст] / Е.Г. Жилияков, С.П.Белов, Е.И. Прохоренко // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Электронная вычислительная техника (ЭВТ)». – М., 2007. – вып. 2. – с. 82-92
3. Белов С. П., Белов А. С., Жилияков Е.Г., Прохоренко Е.И. Способ обнаружения пауз в речевых сигналах и устройство его реализующее. Патент России № 2317595 от 20 февраля 2008 года 69
4. Михайлов, В.Г. Измерение параметров речи [Текст] / В.Г.Михайлов, Л.В.Златоустова; под ред. М.А. Сапожкова. – М.: Радио и связь, 1987. – 168 с.: ил.
5. Калинин, Ю.К. Разборчивость речи в цифровых вокодерах. / Ю.К. Калинин. – М.: Радио и связь, 1991. – 220 с.: ил.
6. Гельфанд, С.А. Слух: Введение в психологическую и физиологическую акустику [Текст] / С.А. Гельфанд. – М.: Медицина, 1984. – 350 с.

ABOUT DISTINCTIONS OF FREQUENCY PROPERTIES OF INFORMATIVE AND UNINFORMATIVE VOICE SIGNALS OF VOCAL RANGE

S.P. Belov¹⁾

A.S. Belov²⁾

¹⁾ *Belgorod state university*
e-mail: Belov@bsu.edu.ru

²⁾ *Belgorod state university*
e-mail: Belov_as@bsu.edu.ru

In the article classification of informative voice signals and uninformative hindrances is presented from position of their informing. Classification is conducted on the basis of distinction in distributing refill energies of the examined informative voice signals and uninformative hindrances in the chosen frequency intervals. The method of calculation of the exact meanings is thus utilized refill energies.

Keywords: frequency presentations, base of Fur'e, informative voice signals, uninformative hindrances.

ЦИФРОВОЕ КОДИРОВАНИЕ КЛИППИРОВАННОЙ РЕЧИ С СОХРАНЕНИЕМ РАЗБОРЧИВОСТИ И УЗНАВАЕМОСТИ ДИКТОРА

Е.И. ПРОХОРЕНКО¹⁾

И.А. СИДОРЕНКО²⁾

А.В. БОЛДЫШЕВ³⁾

1)Белгородский государственный университет

e-mail: prokhorenko@bsu.edu.ru

2)Белгородский государственный университет

e-mail: sidorenko@bsu.edu.ru

3)Белгородский государственный университет

e-mail:

alexeiboldyshev@mail.ru

В статье рассматривается новая технология сжатия речевого сигнала для цифровых систем передачи информации, основанная на клиппировании речи с сохранением разборчивости и узнаваемости. Предложены алгоритмы обработки цифрового речевого сигнала, реализующие обнаружение и удаление шума в паузах клиппированной речи, а также формирование данных об изменении мгновенного спектра речи на основе частотных представлений речевого сигнала.

Ключевые слова: сжатие речи, разборчивость речи, узнаваемость голоса, удаление пауз речи, частотное представление речи, клиппирование, субполосное преобразование, вариационный метод.

Построение эффективных цифровых систем передачи речевых сигналов определяется возможностью снижения затрат как на практическую реализацию алгоритмов обработки речевых данных, так и на сам процесс передачи данных, себестоимость которого пропорциональна объему передаваемых данных. Поэтому, например, операторы сетей мобильной связи заинтересованы в разработке алгоритмов сжатия речи, существенно уменьшающих объем битового представления речевых сигналов с сохранением их разборчивости и узнаваемости. Вот почему проблема сокращения объема данных при передаче речевых сигналов в цифровых системах передачи информации остается по-прежнему одной из самых исследуемых. Поиск путей возможного решения проблемы ведется в различных плоскостях и направлен на поиск компромисса между степенью сжатия речевых данных с одной стороны и сложностью алгоритма кодирования и обработки речи с другой стороны. Непременным условием является сохранение качества речевого сигнала на выходе системы передачи информации, определяемым такими показателями как разборчивость речи и сохранение тембра речи, обеспечивающего узнаваемость голоса.

Анализ публикаций по проблеме эффективного сжатия речевых данных, например [1,2,3], позволяет определить следующие основные направления исследований:

- разработка эффективных методов компрессии данных, полученных после аналого-цифрового преобразования ограниченного по спектру речевого сигнала (амплитудное компандирование речи, удаление пауз и т.п.),
- поиск новых способов представления речи, основанных на передаче информации не о самой речи, а об её структурных элементах, таких как фонемы или форманты, либо об её спектре (частотное представление речи),
- имитация речевых сигналов посредством конечного набора реализаций шума или случайных сигналов, составляющих «словарь» для последующего синтеза речи в вокодерах,
- использование различных механизмов предсказания на основе математического аппарата Марковских цепей и т.п.

Предлагаемые в указанных источниках решения порой существенно снижают объем передаваемых данных, однако, как правило, это достигается значительным усложнением аппаратной реализации устройств кодирования и восстановления речевых сигналов, требующих применения высокопроизводительных сигнальных процессоров. Вместе с тем цифровые технологии обработки речи позволяют по-новому подойти к

реализации механизмов уменьшения избыточности речевых сигналов, известных ещё с «аналоговых» времён.

Одним из наиболее эффективных способов уменьшения избыточности речи по праву считается клиппирование речевого сигнала. С точки зрения цифровых технологий клиппированный речевой сигнал может быть передан одноканальной (однобитовой) последовательностью данных, несущих информацию о только полярности дискретных отсчетов сигнала. Такой сигнал сохраняет достаточную для практики словесную и фразовую разборчивость, вполне приемлемую в тех системах передачи информации, где тембровой окраской голоса (узнаваемость абонента) можно пожертвовать. Этот широко известный факт не находит практического применения именно из-за потери узнаваемости голоса, вызванного сильным зашумлением речи при её предельном амплитудном ограничении. В аналоговую эпоху передачи речи для устранения этого недостатка предлагалось организовывать дополнительный канал, по которому тем или иным способом должна была передаваться информация о поведении огибающей исходного речевого сигнала [1]. На приемной стороне после объединения информации обоих каналов мог быть восстановлен исходный речевой сигнал достаточного для практического применения качества. Сложность осуществления этой процедуры с использованием аналоговой схемотехники оказалась главной причиной, по которой указанный метод передачи клиппированной речи не нашел практического применения. Другой, не менее сложной, оказалась проблема подавления шума в паузах речи, который резко снижал разборчивость и утомлял слух абонента телефонной сети.

Вместе с тем обе эти проблемы могут быть успешно решены с применением цифровых технологий обработки речи. Для этого необходимо очистить речь от шума в паузах и в общем потоке данных передать сам клиппированный речевой сигнал и информацию об изменении огибающей сигнала, либо его мгновенного спектра.

В данной статье предлагается алгоритм сжатия речевых данных на основе клиппирования с использованием нового метода частотного анализа и оптимального субполосного преобразования.

Анализ распределения энергии по частотным диапазонам клиппированного сигнала показал значительное увеличение малоэнергетических составляющих спектра по сравнению с исходным сигналом (рис 1). На участке спектра, отмеченного на рисунке 1 как «диапазон 1» область концентрации исходного и клиппированного сигналов совпадают по расположению и мощности. А малоэнергетические составляющие («диапазон 2» и «диапазон 3») спектра клиппированного сигнала превосходят по мощности соответствующие составляющие спектра исходного сигнала.

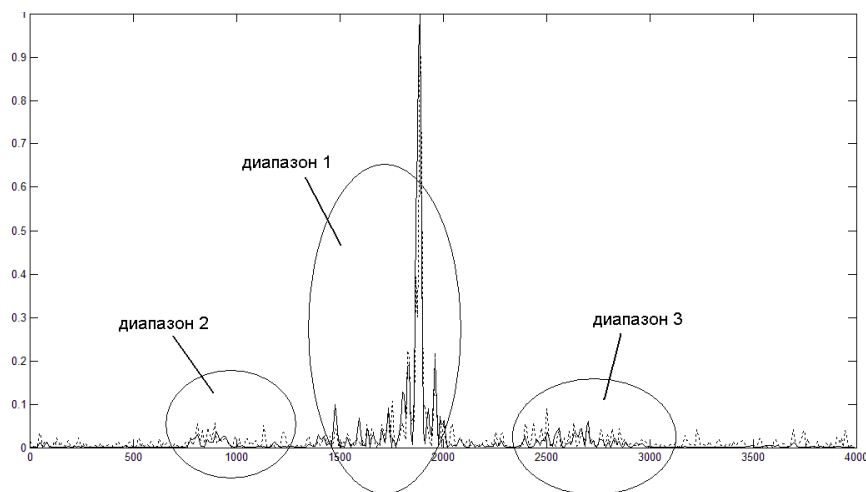


Рис 1. Распределение энергии по частотным интервалам исходного и клиппированного сигнала. Спектр исходного- сплошная линия и клиппированного сигнала- пунктирная линия



Таким образом для решения проблем сжатия возникает необходимость избирательно преобразовывать спектральные компоненты из различных частотных диапазонов. В настоящее время все большее распространение получает подход на основе так называемого субполосного кодирования, который реализуется с использованием банков КИХ-фильтров, путем свертки сигнала с несколькими полосовыми фильтрами и децимацией результата.

Такой подход имеет определенные недостатки, поскольку проявляется эффект наложения спектров («элайзинга»), возникающий при децимации, то есть относительная среднеквадратичная погрешность аппроксимации спектров исходного вектора в соответствующем частотном интервале, в основном, обусловлена малым количеством используемых прореженных данных, что согласно теории Найквиста приводит к элайзингу, а так же зависит от степени подавления спектральных компонент в полосах непропускания и ширины переходных полос КИХ-фильтров.

В предлагаемой процедуре сжатия речевых данных используется новый вариационный метод субполосного преобразования оптимальный с точки зрения минимума среднеквадратичной погрешности аппроксимации спектров исходного вектора в соответствующем частотном интервале.

Сущность субполосного преобразования заключается в следующем: для отрезков сигнала вычисляется вектор $\vec{y} = (\vec{y}_1, \vec{y}_2, \dots, \vec{y}_R)$, состоящий из подвекторов $\vec{y}_r = (y_{1r}, y_{2r}, \dots, y_{Jr})$, которые отражают частотные свойства исходного сигнала в некотором частотном интервале (в данном случае ось частот разбивается на R частотных интервалов):

$$\vec{y} = A\vec{x}, \quad (1)$$

где AA- блочная матрица,

\vec{x} - вектор исходного отрезка сигнала длиной N.

Блочная матрица формируется на основе субполосной матрицы $A_r = \{a_{ik}^r\}$ с элементами вида (2)

$$a_{ik}^r = \begin{cases} \frac{\sin[v_2^r(i-k)] - \sin[v_1^r(i-k)]}{\pi(i-k)}, & i \neq k \\ \frac{v_2^r - v_1^r}{\pi}, & i = k \end{cases}, \quad (2)$$

v_1 и v_2 определяются исходя из разбиения области определения спектра $[-\pi, \pi]$ на ряд равновеликих частотных интервалов:

$$V^r = [-v_2^r, -v_1^r) \cup [v_2^r, v_1^r) \quad (3)$$

таких что $v_2^r - v_1^r = \Delta v = \text{const}$

Матрица A обладает тем свойством, что значения ее собственных чисел с номерами меньшими $m = 2 \left\lceil \frac{N}{2R} \right\rceil$ при упорядочивании по возрастанию близки к единице, а

с номерами большими $J = 2 \left\lceil \frac{N}{2R} \right\rceil + 4$ стремятся к нулю (квадратная скобка означает операцию взятия целой части содержимого) [4,5].

Таким образом, существует возможность создания блочной матрицы:



$$AA = \begin{pmatrix} \sqrt{L_1^1} (Q_1^1)^T \\ \sqrt{L_1^2} (Q_1^2)^T \\ \dots \\ \sqrt{L_1^R} (Q_1^R)^T \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $Q_1^r = (\vec{q}_1, \dots, \vec{q}_J)$ – подматрица собственных векторов матрицы А,

$L_1^r = \text{diag}(\vec{\lambda}_1, \dots, \vec{\lambda}_J)$ – подматрица собственных чисел матрицы А.

Значения энергии сигнал в заданном частотном интервале вычисляются с использованием полученных подвекторов субполосного преобразования:

$$P_r = \sum_{i=1}^J (y_{ir})^2, r = 1..R. \quad (5)$$

Данный метод частотного анализа подробно рассмотрен в [5].

Для отрезков сигнала осуществляется вычисление распределения энергии по частотному интервалу и упорядочивание полученных значений по убыванию. далее определяются номера интервалов, суммарная энергия в которых составляет 95% от общей.

Для данных интервалов вычисляются коэффициенты:

$$B_1^r = \sqrt{\frac{P_r}{P_{\max}}}, \quad (6)$$

где P_r - значение энергии в r-ом частотном интервале исходного сигнала соответственно, P_{\max} - максимальное значение энергии исходного сигнала.

Для исходного сигнала осуществляется клиппирование с последующим сохранением полученных значений и вычисленных ранее коэффициентов.

При восстановлении для клиппированного сигнала вычисляются значения энергии (5) и коэффициенты:

$$B_2^r = B_1^r \sqrt{\frac{P_{\text{кл max}}}{P_{\text{клr}}}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{кл}}$ - значение энергии в r-ом частотном интервале клиппированного сигнала соответственно.

$P_{\text{кл max}}$ - максимальное значение энергии клиппированного сигнала.

Значения коэффициентов B_2 умножаются на значение вектора субполосного преобразования для соответствующего частотного интервала

$$\vec{y} = \vec{y} B_{2r}. \quad (8)$$

Значения подвекторов субполосного преобразования \vec{y}_r , соответствующие интервалам, суммарная энергия которых составляет 5% от общей обнуляются. Далее осуществляется обратное субполосное преобразование:

$$\vec{x} = AA' \vec{y}. \quad (9)$$

В результате спектр восстановленного сигнала становится близким к спектру исходного сигнала (рис 2). На участке спектра, отмеченного на рисунке 2 как «диапазон 1» области концентрации энергии восстановленного и исходного сигналов совпадают по расположению и мощности. Малоэнергетические составляющие («диапазон 2» и «диапазон 3») спектра восстановленного сигнала имеют примерно то же значение по мощности, что соответствующие составляющие спектра исходного сигнала.

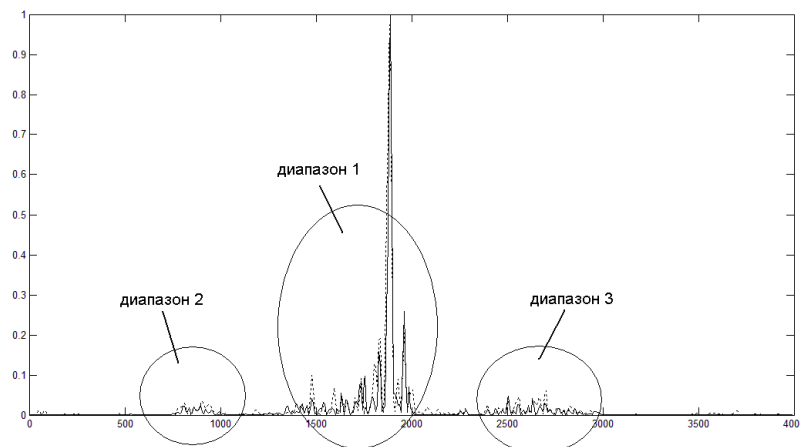


Рис 2. Распределение энергии по частотным интервалам исходного и восстановленного сигнала. Спектр исходного сигнала показан пунктирной линией, клипированного сигнала- сплошной линией

В предлагаемой процедуре сжатия осуществляется предварительное кодирование пауз сигнала по методу, рассмотренному в [6]. Кроме того, степень сжатия можно увеличить применив арифметическое кодирование к значениям клипированного сигнала [7].

Для проверки работоспособности алгоритма были проведены вычислительные эксперименты для большого количества сигналов. Процедура сжатия осуществлялась в 3 этапа: кодирование пауз, клипирование с вычислением коэффициентов (6), арифметическое кодирование. Полученные после процедуры сжатия данные сохранялись на жестком носителе, затем рассчитывались коэффициенты сжатия по формулам (10) и (11):

$$K1 = \frac{L1}{L2} , \quad (10)$$

где $L1$ – длина исходного сигнала в отсчетах,
 $L2$ - длина сигнала с предварительно удаленными паузами, в отсчетах.

$$K2 = \frac{V1}{V2} , \quad (11)$$

где $V1$ -объем исходного wav,
 $V2$ - объем файла, полученного в результате сжатия.

Типичные примеры результатов экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип сигнала	Параметры сигнала	Длина исходного сигнала (L1 отсчетов)	Длина сигнала с предварительно удаленными паузами (L2 отсчетов)	Объем исходного wav файла, Кб (V1)	Коэф. сжатия после удаления пауз (K1)	Объем файла полученного в результате сжатия, Кб (V2)	Коэф. сжатия (K2)
диалог	Fd= 8кГц, Количество бит на 1 символ= 8,	145125	92672	283	1.57	13.2	13.9
стих		82944	66650	162	1.25	9.45	17.14
Слитная фраза		35327	19006	69	1.86	2.72	25.37
лекция		376426	164352	735	2.29	23.4	31.4



Таким образом данный подход к сжатию данных позволяет существенно сократить объем речевых данных при их хранении на жестких носителях информации, при сохранении высокого качества воспроизведения восстановленного сигнала.

Литература

1. В.Е. Бухвинер. Управляемое комбинирование звуковых сигналов.– М.:Связь, 1978.208 с.
2. Н.И. Козленко. Помехоустойчивость дискретной передачи непрерывных сообщений.- М.: Радиотехника, 2003.– 352с.
3. Орищенко В.И. Сжатие данных в системах сбора и передачи информации. В.И.Орищенко, В.Г.Санников. В.А. Свириденко; Под ред. В.А. Свириденко.- М.: Радио и связь, 1985.-184с., ил
4. Ф.Р. Гантмахер. Теория матриц.- 5-е изд.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.-560 с.
5. Е.Г. Жилияков. Частотный анализ речевых сигналов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород, 2006. – №2(31), выпуск 3. – С. 201-208.
6. Е.И. Прохоренко. Метод обнаружения пауз в речевых сигналах. Вестник московской академии рынка труда и информационных технологий. – Москва, 2006. №4(26). – С.13-20.
7. Д. Сэлмон. Сжатие данных, изображений и звука. – Москва: Техносфера, 2004. – 368 с.

DIGITAL CODING OF CLIPPED SPEECH WITH PRESERVATION OF LEGIBILITY AND RECOGNITION OF THE ANNOUNCER

E.I. PROKHORENKO¹⁾

I.A. SIDORENKO²⁾

A.V. BOLDYSHEV³⁾

1) *Belgorod state university*

e-mail: prokhorenko@bsu.edu.ru

2) *Belgorod state university*

e-mail: sidorenko@bsu.edu.ru

3) *Belgorod state university*

e-mail: alexeiboldyshev@mail.ru

In the article new technology of compression of vocal signal is examined for the digital systems of information transfer, based on clipping speech with the maintainance of legibility and knowableness. The algorithms of the digital vocal signal processing, realizing discovery and delete of noise, are offered in the pauses of clipped speech, and also forming of information about the change of instantaneous spectrum speech on the basis of frequency presentations of vocal signal.

Keywords: compression of speech, legibility of speech, knowableness of voice, delete of pauses of speech, frequency presentation of speech, clipping, subbar transformation, variation method.

О НОВОМ МЕТОДЕ СЖАТИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ФАЙЛОВ

И.И. Чижов

*Белгородский государственный
университет*
e-mail: chizhov@bsu.edu.ru

Основным препятствием на пути перехода на новые более совершенные чем MP3 форматы сжатия аудиоданных с потерями, является невозможность конвертации в них накопленной фонотеки MP3-файлов. В статье предложен метод решения данной проблемы.

Ключевые слова: сжатие информации, звуковые файлы, компрессия, степень сжатия, форматы сжатия аудиоданных.

В настоящее время существует 2 пути для уменьшения объема музыкального файла: сжатие без потерь (по другой классификации – обратимое искажение) и сжатие с потерями (по другой классификации – необратимое искажение). Стоит отметить, что в обоих случаях речь идет о передаче битового потока, т.е. создаваемый файл имеет бинарную структуру. Кратко охарактеризуем оба подхода:

- Сжатие без потерь – полная идентичность исходного трека аудио CD и конечного файла. Для уменьшения объема используются классические методы сжатия данных, такие как метод Хаффмана или метод арифметического кодирования. Стоит отметить, что степень сжатия при использовании данного подхода крайне мала, и сильно зависит от содержимого файла, что не позволяет передавать по каналам Интернет файлы, сжатые без потерь. Примерный объем 1 минуты записи – 30-40 Мб.

- Сжатие с потерями – удаление из исходного музыкального сигнала некоторых составляющих, которые с точки зрения физиологии, не воспринимаются человеческим ухом (психоакустический принцип) и сужение кодируемой полосы частот. На сегодняшний день, большинство из известных форматов сжатия звука (MP3, WMA, OGG и т.д.) базируются на данном подходе. При сжатии с потерями уменьшение объема достигается за счет последовательного применения к исходному сигналу ряда процедур: переход из временной области в частотную; применение психоакустического принципа; квантование по уровню; сжатие данных классическими методами (как правило – методом Хаффмана). В зависимости от необходимого пользователю качества звучания, объем минуты записи может составлять от 2 до 20 МБ. Качество звучания (или другими словами – ошибка в представлении данных) определяется параметром, называемым битрейт. Кратко напомним, что битрейтом называют количество бит необходимое для кодирования секунды записи мультимедиа потока. Единицей измерения данной величины является "килобит в секунду", т.е. кбит/с. Типичными битрейтами являются 32 кбит/с и 64 кбит/с - для мобильных устройств, а так же 128 кбит/с, 256 кбит/с, 320 кбит/с. – для стационарных устройств. Не сложно заключить, что с повышением битрейта качество воспроизведения аудиозаписи возрастает.

Как уже отмечалось выше, сжатие с потерями использует большинство известных на сегодняшний день форматов сжатия музыкальных файлов с потерями. В настоящее время, наибольшее распространение получили следующие форматы:

MP3 – это сокращение от MPEG-1 Layer III. Формат разработан Институтом Фраунгофера (Fraunhofer IIS) и фирмой Thomson. На сегодняшний день он является самым распространенным стандартом сжатия аудио с потерями. Благодаря высокой компактности сжатых файлов при достаточно хорошем качестве этот формат вполне подходит для обмена аудиоинформацией через Интернет и создания большой фонотеки на персональном компьютере. На сегодняшний день морально устарел, на смену ему приходит формат MP3pro. Кодек MP3Pro анонсирован в июле 2001 года компанией Coding Technologies вместе с Tomson Multimedia и институтом Fraunhofer. Формат MP3Pro является развитием MP3. В MP3Pro использована новая технология – SBR (Spectral Band Replication). Эта технология предназначена для передачи верхнего час-



тотного диапазона. Идея данной технологии следующая: кодируется более узкий диапазон частот чем обычно, а верхние частоты восстанавливаются декодером на основе информации о более низких частотных составляющих. Таким образом, технология SBR применяется фактически не столько на стадии сжатия, сколько на стадии декодирования. Качество звучания MP3го можно назвать субъективно очень хорошим даже на битрейте 64 Кбит/с, другими словами, субъективно несложные композиции при таком битрейте воспринимаются не хуже чем MP3 128 Кбит/с. Однако необходимо учитывать тот факт, что подобное звучание достигается искусственным путем, и что слышимый сигнал представляет собой уже не столько оригинал, сколько копию низких и средних частот оригинала с искусственно добавленными некими верхними частотами, зачастую совершенно не совпадающими с исходными. Кроме того, стоит отметить, что файл, сжатый по алгоритму MP3го занимает наибольший объем из рассматриваемых.

Алгоритм (кодек) Windows Media Audio (WMA) фирмы Microsoft. Алгоритм WMA, также как и все рассмотренные ранее, позволяет потоковое воспроизведение (stream playback). Качество WMA (если говорить о WMA 7.0 и 8.0) при скорости потока 64 Кбит/с практически не уступает качеству MPEG-1 Layer III 96-128 Кбит/с, а при 96 Кбит/с может превосходить MPEG-2 AAC 128 Кбит/с. Стоит отметить, что речь идет о субъективно воспринимаемом качестве звучания рядом экспертов. Для хранения потока в формате WMA используется универсальный потоковый файловый формат .ASF (Advanced Audio Streaming), пришедший на замену .WAV. Вообще говоря, .ASF – это универсальный формат для хранения аудио и видео информации, сжатой с помощью различных кодеков. .ASF имеет также и свою несколько сокращенную разновидность .WMA. Файлы .WMA предназначены исключительно для хранения аудио данных. Говоря о WMA как о кодеке, следует сказать, что в последнее время он становится все более популярным, так как Microsoft встроила его в Windows'2000 и Windows XP, превратив его таким образом в стандарт. Стоит отметить, что данный кодек бесплатен, однако он некорректно поддерживается некоторыми популярными программными плеерами, а так же аппаратными устройствами (такими как автомагнитолы). По сравнению с первым алгоритмом, созданный с его помощью файл занимает меньший объем.

Ogg Vorbis, разработан в июне 2000. Этот формат является частью проекта Ogg Squish по созданию полностью открытой системы мультимедиа. Иными словами, и сам проект, и Ogg Vorbis в частности являются открытыми и свободными для распространения, а также разработки на его основе нового программного обеспечения. В FAQ от разработчика (группа Xiphophorus) написано, что Ogg Vorbis является алгоритмом, принципиально схожим с известными MPEG-1 Layer II, MPEG-2 AAC, VQF и проч., однако использует оригинальный математический алгоритм и собственную психоакустическую модель, что освобождает его от необходимости выплачивать лицензионные сборы и производить иные выплаты сторонним фирмам-изготовителям аудио форматов. Алгоритм Ogg Vorbis рассчитан на сжатие данных на всех возможных битрейтах без ограничений, то есть от 8 Kbps до 512 Kbps, а также на кодирование с переменным битрейтом (VBR). Алгоритм предусматривает хранение внутри файлов подробных комментариев об исполнителе и названии композиции, а также графической информации. В алгоритме предусматривается также возможность кодирования нескольких каналов аудио (более двух, теоретически до 255), возможность редактирования содержимого файлов, а также так называемый "масштабируемый битрейт" – возможность изменения битрейта потока без необходимости декодирования. Поддерживается потоковое воспроизведение (streaming). Для хранения данных используется собственный универсальный формат bitstream Ogg Squish, рассчитанный на хранение любой информации мультимедиа системы Ogg Squish (идея реализация универсального формата bitstream Ogg Squish аналогична идее ASF от Microsoft). Объем файла созданного по данному алгоритму минимален из известных на сегодняшний день, однако стоит сказать о слабой распространенности данного формата в связи с отсутствием возможности преобразования уже имеющихся записей в формате MP3 в него (точнее, подобная возможность есть, однако это серьезно скажется на качестве звука) и отсутствием поддержки со стороны популярных плееров.



Рассматривая достоинства и недостатки каждого из представленных форматов нельзя не сказать о том, что все они базируются на сходных идеях, различаясь лишь в конкретных алгоритмах и в психоакустической модели.

Стоит отметить, что в настоящее время у пользователей накоплена весьма значительная фонотека MP3 файлов, можно даже говорить о переводе большинства музыкальных композиций в этот формат, а многих из них – многократно. Конвертация MP3 в любой сходный формат, неминуемо ведет к потере качества звучания, вследствие использования различных психоакустических моделей. Таким образом, основной задачей в сжатии музыкальных файлов с потерями на сегодняшний день является создание алгоритма, для которого возрастание погрешности представления аудиоданных при преобразовании в него из любого исходного формата будет не выше 1-2% и степень сжатия после преобразование будет превосходить MP3, т.к. ни один известный формат не способен осуществить подобную конвертацию.

Пути достижения данной цели видятся в отказе от использования психоакустического принципа уменьшения битовых представлений исходных аудиоданных и в отказе от искусственного сужения частотной полосы музыкального сигнала. Данные подходы взаимосвязаны. Рассмотрим их более подробно.

При использовании психоакустической модели из исходного сигнала удаляются различные частотные компоненты, якобы невоспринимаемые человеческим ухом. Подобная уловка получила название частотного и временного маскирования. Однако не стоит забывать, что формат MP3 разрабатывался в начале 90-х годов прошлого века, и задача авторов состояла в том, чтобы повторить качество магнитофонной записи. Таким образом, несложно заметить, что вместо глубокого изучения слухового анализатора человека, авторы банально воспользовались несовершенством воспроизводящей аппаратуры того времени. Подтверждением тому является сужение полосы частот в зависимости от битрейта при кодировании сигналов, что нельзя объяснить ни частотным ни временным маскированием, а лишь узостью полосы пропускания колонок персонального компьютера от 0 до 16 кГц, что соответствует битрейту 128 кбит/с, который являлся на тот момент базовым. Таким образом, психоакустический подход сам по себе является несовершенным, и кроме того, влечет значительные трудности для конвертации из одного формата сжатия аудиоданных с потерями в другой.

Вследствие того, что каждая из фирм-разработчиков использует собственную психоакустическую модель, при конвертации из исходного сигнала удаляется часть частотных компонент, в надежде на то, что оставшиеся смогут «замаскировать» от слушателя их отсутствие, но т.к. при сжатии в исходный формат (как правило MP3) из сигнала уже была удалена часть (как правило совершенно иная) частотных компонент, то качество сигнала резко ухудшается, т.к. маскирование уже невозможно. Таким образом, достаточно очевидно, что подобная конвертация возможна только при условии что формат сжатия аудиоданных в который происходит преобразование не использует психоакустическую модель, т.е. искусственно не удаляет из сигнала частотные компоненты.

Искусственное сужение частотной полосы исходного сигнала в зависимости от битрейта также является препятствием для успешного преобразования файла сжатого по одному алгоритму в другой, т.к. в этом случае верхние частоты исходного сигнала безвозвратно удалены и не могут быть восстановлены. Таким образом, несмотря на то что прямым препятствием к конвертации музыкальных файлов сужение частотной полосы исходного сигнала и не является, но оно не позволяет пользователю получить в свое распоряжение оригинал музыкальной композиции, что является значительным недостатком для формата сжатия аудиоданных с потерями.

На факультете компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета разработан формат сжатия аудиоданных с потерями свободный от перечисленных недостатков (свидетельство о регистрации в Отраслевом фонде алгоритмов и программ № регистрации: 4314).

Алгоритм его работы состоит в выполнении следующих последовательных шагов:



1. Дискретное косинус-преобразование (ДКП) всего обрабатываемого отрезка;

Переход из временной области в частотную целесообразен, так как большое количество коэффициентов ДКП, особенно высокочастотных может быть равен нулю. Таким образом, подобный переход уменьшает энтропию исходной последовательности отсчетов музыкального сигнала.

2. Адаптивное квантование по уровню коэффициентов косинус-преобразования;

В исходной звуковой последовательности каждый отсчет кодируется при помощи 16 или 24 бит. С точки зрения восприятия звука человеческим ухом, во многих случаях столь точное представление не является необходимым. Вследствие этого, при сжатии музыкальных данных прибегают к более грубому представлению аудиоданных. Степень подобной "грубости" определяется задаваемой пользователем погрешностью представления исходных данных квантованными значениями.

3. Сжатие квантованных значений при помощи арифметического кодера.

Арифметический метод сжатия данных разрабатывался как развитие идеи кода Хаффмана, что позволяет данному методу показывать более высокую степень сжатия по сравнению с другими методами сжатия данных без потерь. Тот факт, что во всех известных на сегодняшний день алгоритмах сжатия музыкальных файлов используется метод Хаффмана объясняется существованием патентов, ограничивавших до недавнего времени использование арифметического кодера и значительной стандартизованностью (в первую очередь в выборе таблиц Хаффмана) современных алгоритмов сжатия музыкальных файлов с потерями. В ходе исследований статистических свойств дискретизованных значений звукового сигнала была экспериментально установлена возможность аппроксимации на основе функции распределения вероятности Коши. Данная модификация метода сжатия, позволила значительно повысить его эффективность для пакетной передачи данных.

Длина обрабатываемого блока избрана равной 512 отсчетам, исходя из следующих обстоятельств:

- для выполнения быстрого косинус-преобразования (БКП) необходимо, чтобы длина отрезка была равна целой степени двойки;
- музыкальный сигнал нестационарен, поэтому целесообразно использовать достаточно короткие интервалы.

Для проверки эффективности разработанного формата сжатия аудиоданных с потерями был проведен ряд вычислительных экспериментов. В качестве исходных сигналов, были выбраны различные музыкальные композиции (около 650 файлов), отобранные из возможных вариантов по методу квоотируемой выборки.

Эксперимент состоял из нескольких этапов:

1. Сжатие исходного сигнала по технологии MP3 (кодек LAME 2008 года) с указанным в таблице битрейтом;

Файлы сжимались с наиболее типичными на сегодняшний день битрейтами: 64 кбит/с, 128 кбит/с и 256 кбит/с;

2. Восстановление исходного сигнала из .mp3 файла;
3. Определение относительной среднеквадратической погрешности представления исходных данных восстановленными значениями;
4. Квантование спектральных коэффициентов исходного сигнала с относительной погрешностью равной вычисленной с последующим арифметическим сжатием и записью в файл разработанного формата;
5. Расчет степени сжатия для каждого из форматов;

Степень сжатия представляет собой отношение исходного объема файла к объему файла после сжатия.

6. Вычисление отношения объема MP3 к объему файла разработанного формата.



Результаты данных экспериментов показывают, что при сжатии всех рассмотренных файлов, на любых битрейтах степень сжатия предлагаемого алгоритма в 1,3-1,5 раза выше, чем у формата MP3 при равной погрешности представления исходных данных.

Если же говорить о возможности перекодирования в новый формат файлов сжатых по технологии MP3, то погрешность после конвертации не превышает 1%, что обусловлено применением доказанных выше путей решения данной задачи.

Резюмируя все вышеизложенное, можно говорить о том, что разработанный на факультете компьютерных наук и телекоммуникаций новый формат сжатия аудиоданных с потерями лишен недостатков присущих современным форматам сжатия подобного рода и обладает рядом существенных конкурентных преимуществ, что наглядно продемонстрировали вычислительные эксперименты.

Литература

1. Артюшенко, В. М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука [Текст] : учеб. пособие / В. М. Артюшенко, О. И. Шелухин, М. Ю. Афонин ; под ред. В. М. Артюшенко. – М. : Дашков и К, 2003. – 426 с.
2. Баранов, Л. А. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления [Текст] / Л. А. Баранов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
3. Витерби, Э. Д. Принципы цифровой связи и кодирования [Текст] / А. Д. Витерби, Дж. К. Омура ; пер. с англ. и под ред. К. Ш. Зигангирова. – М. : Радио и связь, 1982. – 536 с. : ил. – (Статистическая теория связи ; вып. 18).
4. Вологдин, Э. И. Слух и восприятие звука [Текст] : учеб. пособие / Э. И. Вологдин. – СПб. : СТ «Факультет ДВО», 2004. – 52 с.
5. Голд, Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] : пер. с англ. / Б. Голд, Ч. Рейдер. – М. : Сов. радио, 1973. – 376 с.
6. Грудинин, А. С. Кодирование сигналов звукового вещания в базисе дискретного косинусного преобразования [Текст] / А. С. Грудинин, А. М. Синильников // Техника средств связи. – 1986. – Вып. 3. – С. 3-10. – (Сер. ТРПА).
7. Жилияков, Е. Г. О субполосном кодировании сигнала [Текст] / Е. Г. Жилияков, И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – № 46. – С. 10-20. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
8. Жилияков, Е. Г. Оптимальный синтез квантователя по уровню [Текст] / Е. Г. Жилияков, И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – № 46. – С. 101-106. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
9. Ковалгин, Ю. А. Цифровое кодирование звуковых сигналов : учеб. пособие [Текст] / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. – СПб. : КОРОНА-принт, 2004. – 240 с.

ABOUT THE NEW METHOD OF SOUND COMPRESSION

I.I. CHIZHOV

Belgorod state university
e-mail: chizhov@bsu.edu.ru

The main obstacle on the way of the transition to the new more perfect than MP3 formats of the sound loss compression, is impossibility of convert the existing MP3-files in them. In the article the method of the given problems decision is offered.

Key words: the compression of the information, sound files, compression, compression rate, formats of the sound compression.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамов П.С. Аверкова О.А.	научный сотрудник ОАО «НИИ суперЭВМ» старший преподаватель кафедры прикладной математики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова
Белов С.П.	кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой телекоммуникаций Белгородского государственного университета
Белов А.С.	аспирант кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования Белгородского государственного университета
Бекназаров М.Н.	кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Белгородского государственного университета
Блажевич С.В.	доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники Белгородского государственного университета
Болдышев А.В.	студент кафедры телекоммуникаций факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
Великая Я.Г.	ассистент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
Голощанова В.А.	ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Девуцына С.Н.	кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета
Жиляков Е.Г.	доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования Белгородского государственного университета
Жихарев А. Г.	студент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Зайцева Т.В.	кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Закутский А.Н.	аспирант кафедры отопления, вентиляции и кондиционирования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова;
Зимовец О. А.	аспирант кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Зоря В.Ю.	аспирант кафедры прикладной математики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова
Игрунова С.В.	кандидат социологических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Клочков В.П.	доктор инженеринговых наук, советник генерального директора
Логачев К.И.	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова
Маматов Е.М.	кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
Маторин С. И.	доктор технических наук, заведующий кафедрой прикладной информатики Белгородского государственного университета



- Мединцева С.В.** ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Михайлов И.В.** аспирант кафедры прикладной математики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова
- Михайлова Л.А.** аспирант кафедры прикладной математики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова
- Муромцев В.В.** кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Немцев С.Н.** аспирант кафедры информатики и вычислительной техники Белгородского государственного университета
- Прохоренко Е.И.** кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Путивцева Н.П.** ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Сидоренко И.А.** кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Созонова Т.Н.** ассистент кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования Белгородского государственного университета
- Титова Н.С.** ассистент кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования Белгородского государственного университета
- Трубицин С. Н.** заместитель генерального директора Федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть»
- Тютин Н.Н.** заместитель генерального директора - директор отделения телекоммуникаций ОАО «НИИ суперЭВМ»
- Успенский И.М.** аспирант ОАО «НИИ суперЭВМ», начальник управления ЗАО «МУВИКОМ» г.Москва
- Чашин Ю.Г.** кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
- Чванин О.Н.** аспирант ГОУ «МАРТИТ», инженер ОАО «НИИ суперЭВМ» г.Москва
- Чижов И.И.** кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Чудинов С.М.** доктор технических наук, профессор, зам. генерального директора ОАО «НИИ суперЭВМ» по научной работе
- Щербинина Н.В.** ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ПО ИНФОРМАТИКЕ ЖУРНАЛА «НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГУ»

Уважаемые коллеги!

Материалы необходимо высылать на бумажном носителе и в электронном виде (сайт журнала <http://unid.bsue.edu.ru/unid/res/pub/index.php>):

- в 2-х экземплярах на бумажном носителе по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет;
- NTitova@bsu.edu.ru – Титова Нина Сергеевна, технический секретарь серии журнала, тел. (4722) 30-13-00 добавочный 2016;
- Chernomorets@bsu.edu.ru – Черноморец Андрей Алексеевич, секретарь серии журнала

Статьи, отклоненные редколлегией, к повторному рассмотрению не принимаются. Материалы, присланные без соблюдения правил, редколлегией не рассматриваются.

Материалы должны включать:

1. УДК научной статьи
2. Ф.И.О. и наименование места работы авторов.
3. Аннотацию статьи (не более 1200 знаков).
4. Ключевые слова.
5. Текст статьи.
6. Литература.
7. Внешняя рецензия доктора наук (для аспирантов и кандидатов наук).
8. Сведения об авторах (Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность с указанием места работы (без сокращений), почтовый адрес, адрес электронной почты (если имеется), служебный и домашний телефоны, год рождения, место жительства).

*на русском
и английском
языках*

*на русском
языке*

Технические требования к оформлению текста

Пример оформления структуры материалов приведен в приложении 1.

1. Текст набирается в Microsoft Word 2000/2003. Лист – А4, портретный. Без переносов.
2. Поля:
 - правое – 1,5 см
 - левое – 3,0 см
 - нижнее – 2,0 см
 - верхнее – 2,0 см
3. Шрифт:
 - гарнитура: текст – **Georgia**; УДК, название, ФИО автора - **Impact**
 - размер: в тексте – **11 пт**; в таблице - **9 пт**; в названии – **14 пт**
4. Абзац:
 - отступ 1,27 мм, выравнивание – по ширине,
 - межстрочный интервал - одинарный



5. Литература оформляется **отдельным списком**:

- в тексте номер ссылки размещается в квадратных скобках перед знаком препинания (перед запятой, точкой)
- нумерация – сквозная
- правила оформления списка литературы – ГОСТ 2003 г. (см. отдельный файл с примерами)

6. Объем статей: до **8 страниц (Georgia, 11 пт)**

7. Формулы набираются в «Редакторе формул» Word, допускается оформление формул только в одну строку, не принимаются формулы, выполненные в виде рисунков, отделяются формулы от текста пустой строкой.

8. Требования к оформлению таблиц и рисунков приведены в приложениях 2, 3.

КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ РАЗВИТИЮ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

А.В. ИВАНОВ¹⁾
Л.Н. ПЕТРОВ²⁾

¹⁾ *Департамент экономического развития Белгородской области*

²⁾ *Белгородский государственный университет*

e-mail: bor@bsu.edu.ru

При выборе пути инновационного развития необходимо учитывать возможные риски и ограничения социально-экономического развития, продуцированные перспективами постепенного вступления России в единое мировое экономическое пространство. В работе рассмотрены ключевые вызовы развитию России и регионов на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: глобализация, вызовы развитию, риски и ограничения социально-экономического развития, региональная политика.

В последние годы в российском обществе обозначился явный дефицит долгосрочного (на 10-15 и более лет) видения перспектив развития национальной экономики.

Литература

1. Боголюбов, А. Н. О вещественных резонансах в волноводе с неоднородным заполнением [Текст] / А. Н. Боголюбов, А. Л. Делицын, М. Д. Малых // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. – 2001. – № 5. – С. 23–25.

2. Гусев, Е. И. Лекарственные средства в неврологической клинике [Текст] : руководство для врачей / Е. И. Гусев, А. С. Никифоров, А. Б. Гехт. – 2-е изд., стер. – М. : МЕДпресс-информ, 2006. – 416 с.

KEY CALLS TO DEVELOPMENT OF REGION IN CONDITIONS GLOBALIZATION OF THE RUSSIAN ECONOMY

A.V. IVANOV¹⁾
L.N. PETROV²⁾
I.Y. SIDOROV³⁾

¹⁾ *Department of economic development of the Belgorod area*

²⁾ *Belgorod state university*

e-mail: bo@bsu.edu.ru

³⁾ *Belgorod state university*

e-mail: Bele@bsu.edu.ru

At a choice of a way of innovation of development it is necessary to take into account the risks and restrictions of socio economic development, producing by prospects of the gradual introduction of Russia in uniform world economic space are possible. In work the key calls to development of Russia and regions on long-term prospect are considered.

Key words: globalization, calls to development, risks and restrictions of socio economic development, regional policy.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов О.В.	кандидат экономических наук, заместитель начальника департамента, начальник управления промышленности и внешнеэкономической деятельности 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет; e-mail: dizelsnab@mail.ru , тел. 33-22-444
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Приложение 2. Оформление таблиц

1. У каждой таблицы должен быть номер, обозначенный справа и заголовок, расположенный по центру.

Таблица 1

Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств (в фактически действовавших ценах, в % к итогу)

	Российская Федерация		Белгородская область	
	2000 год	2006 год	2000 год	2006 год
Хозяйства всех категорий	100	100	100	100
в том числе: Сельскохозяйственные организации	43,4	40,9	48,2	68,4
Хозяйства населения	53,6	52,7	49,1	28,1
Крестьянские (фермерские) хозяйства	3,0	6,4	2,7	3,5

2. Таблицы не должны выходить за границы страницы слева и справа.

3. Если таблица располагается на 2-х страницах, ее столбцы должны быть пронумерованы на каждой новой странице.

Таблица 1

Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств (в фактически действовавших ценах, в % к итогу)

	Российская Федерация		Белгородская область	
	2000 год	2006 год	2000 год	2006 год
1	2	3	4	5
Хозяйства всех категорий	100	100	100	100
в том числе: Сельскохозяйственные организации	43,4	40,9	48,2	68,4

Таблица, расположенная на первой странице.

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Хозяйства населения	53,6	52,7	49,1	28,1
Крестьянские (фермерские) хозяйства	3,0	6,4	2,7	3,5

Таблица, расположенная на следующей странице.

Приложение 3. Оформление графических объектов

1. Каждый графический объект должен иметь номер и заголовок, расположенные внизу по центру.

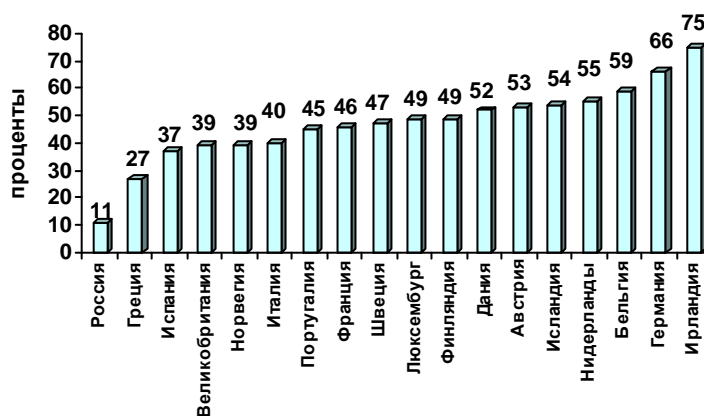


Рис. 2. Уровень инновационной активности в России, странах ЕС, Норвегии, Исландии

2. Графический объект должен быть в виде рисунка или сгруппированных объектов.

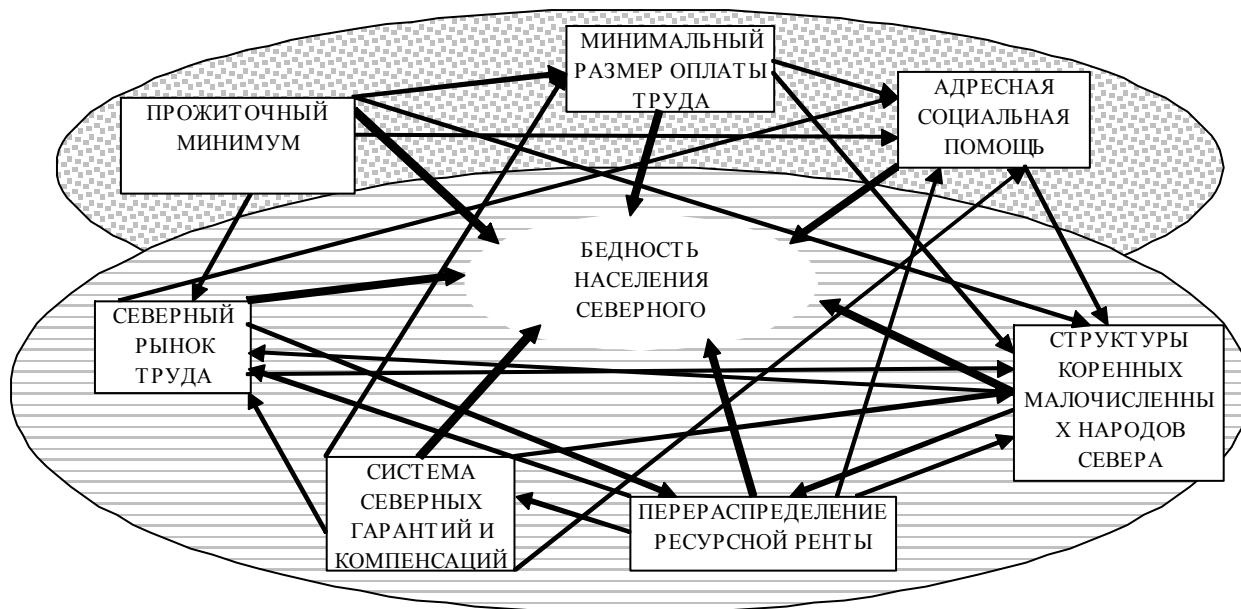


Рис. 1. Институциональная среда существования бедности населения северного региона России

3. Графический объект не должен выходить за пределы полей страницы.
4. Графический объект не должен превышать одной страницы.

За публикацию рукописей в журнале «Научные ведомости БелГУ» плата с авторов не взимается