

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»



**Новые математические методы  
и компьютерные технологии  
в проектировании, производстве  
и научных исследованиях**

Материалы XVI Республиканской научной конференции  
студентов и аспирантов  
(Гомель, 25–27 марта 2013 года)

В двух частях

Часть 1

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2013

УДК  
ББК

Н

**Редакционная коллегия:** О. М. Демиденко (главный редактор, д-р техн. наук, профессор), Р. В. Бородич, С. П. Жогаль, Л. А. Шеметков, Ю. В. Малинковский, В. С. Смородин, В. И. Мироненко, В. В. Можаровский, А. В. Лубочкин, В. Д. Левчук, М. С. Долинский, В. В. Подгорная

Н

**«Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях»**, XV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов (2013, Гомель). XV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 25–27 марта 2013г. : [материалы]: в 2 ч. Ч. 1 / редкол. : О. М. Демиденко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. – 275 с.

**ISBN**

В сборнике помещены материалы докладов XIV Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях» 2013 года.

Адресованы студентам, магистрантам и аспирантам вузов, научным работникам.

**УДК  
ББК**

**ISBN**

© УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», 2013



**АНАЛИТИЧЕСКИЕ  
И ЧИСЛЕННЫЕ  
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В МАТЕМАТИКЕ**  
*Дифференциальные уравнения,  
математический анализ  
и численные методы*

**А. В. Астафьева**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)  
**АСИМПТОТИКА АППРОКСИМАЦИЙ  
ЭРМИТА-ПАДЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭКСПОНЕНТ**

Рассмотрим набор формальных степенных рядов

$$f_j(z) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k^j z^k, \quad j = 1, 2, \dots, r,$$

с комплексными коэффициентами. Зафиксируем произвольные целые неотрицательные числа  $n, m_1, m_2, \dots, m_r$  и обозначим  $m = \sum_{i=1}^r m_i$ ,  $n_i = m + n - m_i$ . Будем считать, что система функций  $\{f_j(z)\}_{j=1}^r$  является совершенной. Тогда существуют такие многочлены  $Q_m, P_{n_i}^i$ , что  $\deg Q_m \leq m$ ,  $\deg P_{n_i}^i \leq n_i$  и для  $i = 1, 2, \dots, r$

$$R_{m,n}^i(z) = Q_m(z)f_i(z) - P_{n_i}^i(z) = c_i z^{n+m+1} + \dots$$

Дроби вида  $\pi_{n,m}^j(z) = \frac{P_{n_j}^j}{Q_m}$ ,  $j = 1, 2, \dots, r$  называются аппроксимациями Эрмита-Паде.

Будем рассматривать систему функций следующего вида  $\{e^{lz}, e^{2iz}\}$ . Тогда верна следующая теорема.

**Теорема.** Пусть  $\{e^{lz}, e^{2iz}\}$  – набор из двух экспонент,  $\{\pi_{n,m}^j(z, e^{ji\xi})\}_{j=1}^2$  – соответствующие данному набору аппроксимации

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

*Эрмита-Паде. Тогда, если  $n = m_1 = m_2$ , то для любого комплексного  $z$ , при  $n \rightarrow +\infty$ , выполняются следующие равенства*

$$e^{iz} - \pi_{n,2n}^1(z, e^{iz}) = \frac{(-1)^n i^{n+1} z^{3n+1}}{(3n)!} \sqrt{\frac{(1+\sqrt{3})\pi}{3n}} \left(\frac{2\sqrt{3}}{9}\right)^n e^{iz\left(1+\frac{\sqrt{3}}{3}\right)} (1+o(1)),$$

$$e^{2iz} - \pi_{n,2n}^2(z, e^{2iz}) = \frac{i^{n+1} z^{3n+1}}{(3n)!} \sqrt{\frac{\pi}{3n}} \left(\frac{2\sqrt{3}}{9}\right)^n e^{2iz} \left(\sqrt{1+\sqrt{3}}(-1)^n e^{\frac{\sqrt{3}}{3}iz} + \frac{\sqrt{6}}{3} e^{-\frac{\sqrt{3}}{3}iz}\right) (1+o(1)).$$

### Литература

1. Аптекарев, А.И. О сходимости рациональных аппроксимаций к набору экспонент/А.И. Аптекарев // Вестник МГУ. Серия 1. Математика. Механика. – 1981 – №1. – С. 68-74.

2. Сидоров, Ю.В. Лекции по теории функций комплексного переменного: Учеб. Для вузов. – 3-е изд./ Ю.В. Сидоров, М.В. Федорюк, М.И. Шабунин // М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., – 480 с.

**Е. В. Банюкевич**

*(ГрГУ им. Я. Куталы, Гродно)*

### **НЕПРЕРЫВНЫЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С БАЗИСНЫМИ ВЕЙВЛЕТАМИ СОБОЛЕВА**

Непрерывное вейвлет-преобразование определяется равенством

$$W_\psi(a, b)f = \int_R \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx,$$

где функция  $\psi$  называется базисным вейвлетом,  $a$  и  $b$  – параметры, задающие соответственно масштаб и смещение функции.

В настоящее время известно большое число базисных вейвлетов. Например, вейвлеты с нулевыми моментами (VMWF, Vanishing Momenta Wavelet Family), иногда их называют гауссовыми вейвлетами. Еще одним семейством вейвлетов, обладающих нулевыми моментами является семейство соболевских вейвлетов. Соболевские вейвлеты первого порядка определяются соотношением:

$$\psi_1(x) = \frac{d}{dx} \omega(x) = \begin{cases} \frac{-2x}{(x^2-1)^2} e^{\frac{1}{x^2-1}}, & |x| < 1, \\ 0, & |x| \geq 1, \end{cases}$$

$$\psi_2(x) = \frac{d^2}{dx^2} \omega(x) = \begin{cases} \frac{6x^4 - 2}{(x^2 - 1)^4} e^{\frac{1}{x^2 - 1}}, & |x| < 1, \\ 0, & |x| \geq 1, \end{cases}$$

третьего порядка:

$$\psi_3(x) = \frac{d^3}{dx^3} \omega(x) = \begin{cases} \frac{-24x^7 - 12x^5 + 40x^3 - 12x}{(x^2 - 1)^6} e^{\frac{1}{x^2 - 1}}, & |x| < 1, \\ 0, & |x| \geq 1, \end{cases}$$

и четвертого:

$$\psi_4(x) = \frac{d^4}{dx^4} \omega(x) = \begin{cases} \frac{120x^{10} + 180x^8 - 528x^6 + 232x^4 + 24x^2 - 12}{(x^2 - 1)^8} e^{\frac{1}{x^2 - 1}}, & |x| < 1, \\ 0, & |x| \geq 1. \end{cases}$$

Создана программа на С# позволяющая:

- строить графики базисных вейвлетов Соболева;
- строить графики преобразуемых функций;
- строить графики непрерывных вейвлет-преобразований заданных функций при любом фиксированном масштабе  $a$ .

Соболевские вейвлеты будут в дальнейшем применяться для расчета решений дифференциальных уравнений в частных производных.

**М. С. Белокурский, А. К. Деменчук**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель;*

*Институт математики НАН Беларуси, Минск)*

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ОТРАЖАЮЩАЯ  
 ФУНКЦИЯ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОЙ  
 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Рассмотрим нелинейную квазипериодическую возмущенную дифференциальную систему с двухчастотным базисом

$$\dot{x} = A(t, x) + B(t, x), \quad t \in \square, \quad x \in D \subset \square^n, \quad (1)$$

где функция  $A(t, x)$  имеет период  $\omega_1$  по  $t$ , а функция  $B(t, x)$  – период  $\omega_2$  по  $t$  и числа  $\omega_1$  и  $\omega_2$  несоизмеримы.

**Теорема.** Пусть правая часть дифференциальной системы (1) непрерывно дифференцируема по  $t$ , функция  $A(t, x)$  – имеет период  $\omega_1$  по  $t$ , а функция  $B(t, x)$  – период  $\omega_2$  по  $t$  и числа  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – несоизмеримы. Если система (1) имеет  $\omega_2$ -периодическую по  $t$  отражающую функцию [1, с. 62]  $F(t, x)$ , то эта система эквивалентна в смысле совпадения отражающих функций периодической системе

$$\dot{x} = A(0, x) + B(t, x).$$

В качестве примеров можно рассмотреть дифференциальное уравнение

$$\dot{x} = \cos t + (x^k + (x - 2 \sin t)^k) \sin \sqrt{5}t.$$

с отражающей функцией

$$F(t, x) = x - 2 \sin t.$$

### Литература

1. Мироненко, В.И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем / В.И. Мироненко. – Гомель: Мин. Образов. РБ, УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2004. – 196 с.
2. Деменчук, А.К. Критерий существования периодических решений нелинейных квазипериодических дифференциальных систем с двухчастотным базисом / А.К.Деменчук // Докл. НАН Беларуси. – 2004. – Т. 48, № 2. – С. 24 – 26.

**М. С. Бондорева, В. Г. Ермаков**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ПРИМЕР КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА НАКЛОННОЙ ПРОИЗВОДНОЙ С НЕНУЛЕВЫМ ИНДЕКСОМ

Пусть  $\Omega \subset R^2$  – конечная область с достаточно гладкой и гомеоморфной сфере границей  $\Gamma$ . Краевая задача типа наклонной производной состоит в отыскании гармонических в области  $\Omega$  функций  $u$  и  $v$ , удовлетворяющих граничному условию

$$p_{k1} \cdot \text{grad}u + p_{k2} \cdot \text{grad}v = g_k, (k = 1, 2),$$

где  $p_{kj}$  – заданные на  $\Gamma$  достаточно гладкие вектор-функции, а точка обозначает скалярное произведение в  $R^3$ . Предполагается выполненным условие Я.Б. Лопатинского, в силу которого

$$\det \Phi(t) \neq 0,$$

где  $\Phi(t) = \|p_{kj} \cdot (-v + i\tau)\|_1^2$ , а  $\tau = (\tau_1, \tau_2, \tau_3)$  и  $v = (v_1, v_2, v_3)$  – соответственно единичный касательный вектор и единичный вектор внутренней нормали к  $\Gamma$ .

В случае, когда  $\Gamma$  – шар единичного радиуса, рассмотрена задача с коэффициентами  $p_{11} = (0, 1, 0)$ ,  $p_{12} = (0, 0, 1)$ ,  $p_{21} = (-2x_1x_3, -2x_2x_3, 1 - 2x_3^2)$ ,  $p_{22} = (2x_1x_2, -1 + 2x_2^2, 2x_2x_3)$ , где  $x = (x_1, x_2, x_3) \in \Gamma$ .

В этом случае  $-v = x$ . В результате вычислений находим:

$$\det \Phi(t) = x_2^2 + x_3^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 > 0.$$

Справедливость последнего неравенства вытекает из того, что при  $x_2^2 + x_3^2 = 0$   $x_1^2 = 1$ ; тогда в силу ортогональности векторов  $v$  и  $\tau$   $\tau_1 = 0$  и, следовательно,  $\tau_2^2 + \tau_3^2 = 1$ . Таким образом, условие Лопатинского для данной задачи выполнено, поэтому оператор, соответствующий задаче, является нетеровым.

Для сопоставления вычислительных аспектов индекс данной задачи вычислен тремя способами: по формуле А.И. Вольперта [1], по формуле В.И. Шевченко – В.Г. Ермакова [2] и по формуле Б.В. Федосова [3]. Индекс задачи равен  $-2$ .

## Литература

1. Вольперт, А.И. Эллиптические системы на сфере и двумерные сингулярные интегральные уравнения / А.И. Вольперт // Мат. сб. – 1962. – Т. 59 (101). – 195-214.
2. Ермаков, В.Г. Гомотопическая классификация одного множества многомерных краевых задач типа наклонной производной / В.Г. Ермаков // УМН. – 1988. – Т. 43. – № 5. – С. 191-192.
3. Федосов, Б.В. Об индексе эллиптической системы на многообразии / Б.В. Федосов // Функ. анализ. – 1970. – Т.4. – Вып. 4. – С. 57-67.

**А. Е. Лещёв, Л. И. Минченко**

(БГУИР, Минск)

## ОСЛАБЛЕННЫЕ УСЛОВИЯ ГОЛЛАНА ПО НАПРАВЛЕНИЮ

Известно, что вопросы устойчивости задач нелинейного программирования относительно возмущений параметров тесно связаны с дифференцируемостью по направлениям функции оптимального значения. Один из наиболее результативных подходов к исследованию дифференцируемости функции оптимального значения базируется на условии Б. Голлана. Наше сообщение ставит целью показать, что известные результаты о дифференцируемости функции оптимального значения сохраняются при замене условия Б. Голлана более слабым условием.

Пусть  $f(x, y)$ ,  $h_i(x, y)$   $i=1, \dots, p$  –  $C^2$ -функции из  $R^n \times R^m$  в  $R$ . Рассмотрим задачу минимизации функции  $f(x, y)$  на множестве  $F(x) = \{y \in R^m \mid h_i(x, y) \leq 0, i \in I, h_i(x, y) = 0, i \in I_0\}$ , где  $x \in R^n$  – вектор параметров,  $I = \{1, \dots, s\}$ ,  $I_0 = \{s+1, \dots, p\}$ .

Введем соответственно функцию оптимального значения и множество оптимальных решений

$$\phi(x) = \inf \{f(x, y) \mid y \in F(x)\}, \quad \omega(x) = \{y \in F(x) \mid f(x, y) = \phi(x)\}$$

и будем считать, что при  $x^0, \bar{x} \in R^n$  множество  $\omega(x^0 + t\bar{x})$  не пусто и равномерно ограничено для всех достаточно малых  $t \geq 0$ .

Положим  $z = (x, y)$ ,  $\bar{z} = (\bar{x}, \bar{y})$ ,  $I(z) = \{i \in I \mid h_i(z) = 0\}$ ,

$$\Gamma(z; \bar{x}) = \{ \bar{y} \in R^m \mid \langle \nabla h_i(z), \bar{z} \rangle \leq 0, i \in I(z), \langle \nabla h_i(z), \bar{z} \rangle = 0, i \in I_0 \},$$

$$\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_p), \quad h = (h_1, \dots, h_p), \quad L(z, \lambda) = f(z) + \langle \lambda, h(z) \rangle,$$

$$\Lambda(z) = \{ \lambda \in R^p \mid \nabla_y L(z, \lambda) = 0, \lambda_i \geq 0 \text{ и } \lambda_i h_i(z) = 0, i \in I \},$$

$$I^0(z, \bar{x}) = \{ i \in I(z) \mid \langle \nabla h_i(z), (\bar{x}, \bar{y}) \rangle = 0, \forall \bar{y} \in \Gamma(z; \bar{x}) \}.$$

**Определение 1.** В точке  $z^0 = (x^0, y^0)$  выполнено ослабленное условие Голлана по направлению  $\bar{x}$  ( $RG_{\bar{x}}$ ), если  $\Gamma(z^0; \bar{x}) \neq \emptyset$  и система векторов

$\left( \begin{array}{c} \nabla_y h_i(z) \\ \langle \nabla_x h_i(z), \bar{x} \rangle \end{array} \right) \quad i \in I_0 \cup I^0(z^0, \bar{x})$  имеет постоянный ранг в некоторой окрестности точки  $z^0$ .



Пусть

$$\Lambda^2(z^0; \bar{x}) = \left\{ \lambda \in \Lambda(z^0) \mid \langle \nabla_x L(z^0, \lambda), \bar{x} \rangle = \max_{\lambda \in \Lambda(z^0)} \langle \nabla_x L(z^0, \lambda), \bar{x} \rangle \right\}.$$

**Теорема 1.** Пусть  $\Lambda(z^0) \neq \emptyset$  во всех точках  $z^0 = (x^0, y^0)$  таких, что  $y^0 \in \omega(x^0)$ , выполнено условие  $RG_{\bar{x}}$  и

$$\sup_{\lambda \in \Lambda^2(z^0; \bar{x})} \langle \bar{y}, \nabla_{yy}^2 L(z^0, \lambda) \bar{y} \rangle > 0 \quad \text{для всех ненулевых векторов}$$

$\bar{y} \in \{ \bar{y} \in \Gamma(z; 0) \mid \langle \nabla_y f(z), \bar{y} \rangle \leq 0 \}$ . Тогда функция  $\phi$  дифференцируема

в точке  $x^0$  по направлению  $\bar{x}$ , причем

$$\phi'(x^0; \bar{x}) = \min_{y^0 \in \omega(x^0)} \min_{\bar{y} \in \Gamma(z^0; \bar{x})} \langle \nabla f(z^0), \bar{z} \rangle = \min_{y^0 \in \omega(x^0)} \max_{\lambda \in \Lambda(z^0)} \langle \nabla_x L(z^0, \lambda), \bar{x} \rangle.$$

**Н. В. Муха, Е. М. Березовская**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ТРЕХСЛОЙНОЙ БАЛКЕ

В работе рассматриваются не итерационные методы суперпозиции, прогонки, сопряженного оператора решения граничных задач.

Метод суперпозиции или метод дополнительных функций основывается на принципе, согласно которому, решение граничной задачи сводится в общем случае к двум или нескольким задачам с начальными условиями (задачам Коши), а их можно решить одним из прямых методов, например методом Рунге – Кутты. Затем решение исходной задачи получается как комбинация найденных решений. Такой подход позволяет избежать итераций.

В методе прогонки линейные граничные задачи преобразуются к задачам Коши. Недостающие начальные условия находятся на этапе прямой прогонки, который включает в себя построение новой задачи Коши и ее интегрирование от начальной точки. После нахождения недостающего начального условия во второй точке, искомое решение находится при помощи обратной прогонки исходной системы дифференциальных уравнений от конечной (второй) точки до начальной.

Метод сопряженного оператора основывается на понятии сопряженной системы уравнений, матрица коэффициентов которой является транспонированной со знаком минус матрицей коэффициентов исход-

ной системы дифференциальных уравнений. Эта сопряженная система осуществляет связь между граничными условиями исходной задачи в начальной и конечной точках.

В работе рассмотренные методы применяются для решения задачи о трехслойной балке. Трехслойная балка состоит из параллельных слоев различных материалов. Для такой балки, равномерно нагруженной по всей длине, что деформация сдвига описывается обыкновенным линейным дифференциальным уравнением  $d^3\eta/dx^3 - k^2 d\eta/dx + a = 0$ , где  $k$  и  $a$  – физические параметры, зависящие от упругих свойств слоев, с граничными условиями  $d\eta(0)/dx = d\eta(1)/dx = 0$  и  $\eta(1/2) = 0$ .

В результате имеется трехточечная граничная задача.

Решения, найденные рассматриваемыми методами для значений параметров  $a=1$ ,  $k=5$  и  $10$ , и решения, полученные в системе Mathematica, практически совпадают с соответствующими численными значениями, полученными по известной формуле ее точного решения:

$$\eta(x) = (a/k^3)((\sin(\frac{x}{2}) - sh(kx)) + a(x-0.5)/k + th(\frac{x}{2})(ch(kx) - ch(\frac{x}{2}))).$$

Таким образом, данные методы можно применять для решения других технических задач с хорошей вычислительной точностью.

**Д. А. Навічкова**

(БДУ, Мінск)

## **ДЫСКРЭТНЫЯ РАЎНАННІ КЛАСА ФУКСА 2-ГА ПАРАДКУ**

У [1] апісана пабудова дыскрэтнага аперацыйнага злічэння на мностве паслядоўнасцей. Там жа дэманструецца, як рознасныя раўнанні са сталымі і зменнымі каэфіцыентамі пераўтвараюцца да раўнанняў у алгебры.

Будзем называць дыскрэтнымі раўнаннямі класа Фукса раўнанні, якія ў алгебры ўяўляюць сабой дыферэнцыяльныя раўнанні класа Фукса і маюць развязкі ў выглядзе паслядоўнасцей  $x = \{x_0, x_1, \dots, x_n, \dots\}$  ці “люстэркавыя” паслядоўнасці  $x = \{\dots, x_{-n}, \dots, x_{-1}, x_0\}$ .

Разгледзім лінейнае аднароднае рознаснае раўнанне 2- $k$ -га парадку з пачатковымі ўмовамі  $x_0 = x_1 = \dots = x_{k-1} = 0$

$$\begin{aligned} & (n^2 + \lambda_k n)x_{n+k} + (\gamma_{k-1}n^2 + \lambda_{k-1}n + \beta_{k-1})x_{n+k-1} + \dots + \\ & + (\gamma_1 n^2 + \lambda_1 n + \beta_1)x_{n+1} + (\gamma_0 n^2 + \lambda_0 n + \beta_0)x_n = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Показуеца, што раўнанне (1) з'яўляецца раўнаннем класа Фукса толькі ў двух наступных выпадках:

1)  $\lambda_k = k - m$ ,  $m \in \mathbf{N}_0$ . Пры гэтым развязак з'яўляецца паслядоўнасцю.

2)  $\frac{1}{2} \left( -\frac{\lambda_0}{\gamma_0} \pm \sqrt{\frac{\lambda_0^2}{\gamma_0^2} - 4 \frac{\lambda_0}{\gamma_0}} \right) \in \mathbf{N}_0^-$ . Пры гэтым развязак уяўляе сабой

“лостэркавую” паслядоўнасць.

У якасці прыкладу дыскрэтнага раўнання класа Фукса 2-га парадку развязуецца дыскрэтнае гіпергеаметрычнае раўнанне

$$(n^2 + (1 + \gamma)n + \gamma)x_{n+1} - (n^2 + (\alpha + \beta)n + \alpha\beta)x_n = 0. \quad (2)$$

Даказуецца шэраг уласцівасцей развязка раўнання (2), якія з'яўляюцца дыскрэтнымі аналагамі ўласцівасцей гіпергеаметрычнага шэрагу.

### Літаратура

1. І.Л. Васільеў, Д.А. Навічкова. “Аперацыйнае злічэнне на мностве паслядоўнасцей і яго дастасаванне да рашэння рознасных раўнанняў з пастаяннымі і зменнымі каэфіцыентамі” // Труды 5-й міжнароднай канферэнцыі “Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений” (AMADE-2009) (Институт математики НАН Беларуси). Т.1. С. 41-45. Минск, 2010г.

**А. А. Поддубный**

*(БелГУТ, Гомель)*

### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ИЗГИБА ТРЕХСЛОЙНОЙ БАЛКИ ПРИ ЕЕ НЕПОЛНОМ КОНТАКТЕ С УПРУГИМ ОСНОВАНИЕМ

Рассмотрен изгиб упругой трехслойной балки прямоугольного сечения под действием распределенных и сосредоточенных нагрузок. По длине балки выделены три участка, на каждом из которых нагрузки могут иметь различные величины и закон изменения. На границах участков и на торцах могут действовать сосредоточенные силы и мо-

менты.

Для описания кинематики трехслойного пакета используется гипотеза «ломаной» линии: прямолинейная до деформирования нормаль при изгибе становится ломаной; в несущих слоях нормаль остается перпендикулярной к деформированной оси балки; в заполнителе за счет сдвига она поворачивается на дополнительный угол. Слои несжимаемы по толщине, между ними предусмотрена склейка. Деформации малые. Материалы слоев проявляют упругие свойства, для них справедлив закон Гука.

В качестве искомых величин принимаются три функции – прогиб и продольное перемещение срединной плоскости заполнителя, а также угол поворота нормали в заполнителе за счет сдвига на каждом участке.

К деформированной балке применяется принцип возможных перемещений Лагранжа, который позволяет получить дифференциальные уравнения равновесия в усилиях на каждом участке, силовые граничные условия и условия для внутренних усилий в точках сопряжения участков. Далее выводится система дифференциальных уравнений в перемещениях и находится ее аналитическое решение для каждого участка.

Для определения констант интегрирования необходимо учесть граничные условия и условия сопряжения участков друг с другом. Граничные условия на левом и правом торцах балки при конкретных условиях закрепления (заделка, шарнир, отсутствие опоры) записываются через усилия или перемещения. На границах участков должны выполняться условия равенства перемещений и внутренних усилий с учетом приложенных сосредоточенных внешних сил и моментов, что позволяет составить систему 24-х линейных алгебраических уравнений для определения констант интегрирования.

Были получены конкретные аналитические выражения для перемещений трехслойной балки при некоторых частных случаях нагружения, проведено их численное исследование, сравнение с результатами других авторов и с данными проведенного эксперимента.

**Е. А. Ружицкая, А. М. Халецкая**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ СИСТЕМ**

Рассмотрим динамическую систему, поведение которой при  $t \geq 0$  описывается уравнением

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad (x \in R^n, A \in R^{n \times n}, u \in R, \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n), \quad (1)$$

где  $x = x(t)$  –  $n$ -вектор состояния системы в момент времени  $t$ ,  $u = u(t)$  – значение скалярного управления. Пусть  $G$  – ограниченная окрестность состояния равновесия  $x = 0$  системы (1),  $u = 0$ .

При фиксированных числах  $h > 0$ ,  $L > 0$  функцию

$$u(t, x), t \in [0, h], t \geq 0, x \in G, \quad (2)$$

назовем дискретной (с периодом квантования  $h > 0$ ) ограниченной стабилизирующей обратной связью системы (1) в области  $G$ , если: 1)  $u(t, 0) = 0, t \in [0, h]$ ; 2)  $|u(t, x)| \leq L, x \in G, t \in [0, h]$ ; 3) траектория замкнутой системы

$$\dot{x} = Ax + bu(t, x), x(0) = x_0, x_0 \in G, \quad (3)$$

является непрерывным решением уравнения  $\dot{x} = Ax + bu(t), x(0) = x_0$ , при  $u(t) = u(t - kh, x(kh)), t \in [kh, (k+1)h], k = 0, 1, \dots$ ; 4) система (3) асимптотически устойчива в  $G$ .

Выберем натуральное число  $N (N > n)$ , вещественные числа  $h > 0$ ,  $L > 0$ . Положим  $t^* = Nh$ . Кусочно-постоянную функцию  $u(t), t \geq 0$ ,  $u(t) = u_j, t \in [(j-1)h, jh], j = 1, 2, \dots$ , удовлетворяющую ограничению  $|u(t)| \leq L, t \geq 0$  будем называть доступным управлением. На введенном множестве доступных управлений рассмотрим следующую задачу оптимального быстрогодействия:

$$t^* \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\dot{x} = Ax + bu, x(0) = x_0, \quad (5)$$

$$x(t^*) = 0, \quad (6)$$

$$|u(t)| \leq L, t \geq 0. \quad (7)$$

Доступное управление  $u(t), t \geq 0$  назовем *допустимым*, если оно удовлетворяет ограничению (7), порождает такую траекторию  $x(t), t \geq 0$ , системы (5), которая за конечное время  $t^* = t^*(u)$  достигает состояния равновесия (6). Допустимое управление  $u^0(t | x_0), t \in [0, t^*(u^0)]$ , будем называть *оптимальным по быстродействию программным управлением* со временем быстрогодействия  $t^{*0} = t^*(u^0)$  для

состояния  $x_0$ , если: 1)  $t^{*0}$  – наименьшее время из возможных  $t^* = t^*(u)$  для допустимых управлений; 2)  $\max_{t \in [0, t^{*0}]} |u^0(t)| = \min_{u^*} \max_{t \in [0, t^{*0}]} |u^*(t)|$ , где минимум берется по всем допустимым управлениям  $u^*(t), t \in [0, t^*(u^*)]$ , для которых время  $t^*(u^*)$  совпадает со временем оптимального быстрогодействия  $t^{*0}$ .

Для определения оптимального по быстрдействию управления типа обратной связи погрузим задачу (4) – (7) в семейство аналогичных задач оптимального управления

$$t^{*0}(z) = \min t^*, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = z, \quad x(t^*) = 0, \quad |u(t)| \leq L, \quad t \geq 0.$$

Обозначим  $u^0(t|z), t \in [0, t^{*0}(z)]$  – оптимальное программное управление для состояния  $z$ ,  $\bar{X}$  – множество всех  $z$ , для которых существует оптимальное программное управление.

Функция  $u^0(z) = u^0(0|z), z \in \bar{X}$  называется *оптимальным (стартовым) по быстрдействию управлением типа обратной связи* в задаче оптимального управления (4) – (7).

Описан и реализован алгоритм построения стабилизирующей по быстрдействию обратной связи. Результаты иллюстрируются на примере одной динамической системы четвертого порядка [1], [2].

## Литература

1. Габасов, Р. Оптимизация линейной системы управления в режиме реального времени / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, О.И. Костюкова // Изв. РАН. Техн. кибернетика. – 1992. – № 4 – С. 3 – 19.
2. Габасов, Р. Оптимальное управление и наблюдение в реальном времени / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – № 3. – С. 90 – 111.

**С. И. Фялка**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ДВУХЧАСТИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ОДНИМ КВАЗИПОТЕНЦИАЛОМ**

В работе рассмотрены интегральные уравнения квантовой теории поля для связанных  $s$ -состояний системы двух релятивистских частиц [1]

$$G_{0,j}^{-1}(E, E_p) \psi_j(\vec{p}) = -\lambda \int \left( 4\pi |\vec{p}(-)\vec{k}| \right)^{-1} \exp(-am\chi_\Delta) \psi_j(\vec{k}) m d\vec{k} / E_k,$$

где  $\chi_\Delta = \text{Arch}(\sqrt{1+m^{-2}(\vec{p}(-)\vec{k})^2})$  – быстрота, сопряженная квадрату переданного импульса,  $\psi_j(\vec{p})$  – волновая функция,  $m$  – масса каждой из частиц. Обратные функции Грина  $G_{0,j}^{-1}(E, E_p)$  имеют вид

$$G_{0,1}^{-1}(E, E_p) = E^2 - E_p^2; \quad G_{0,2}^{-1}(E, E_p) = E_p(E - E_p); \quad E_p = \sqrt{p^2 + m^2}. \quad (2)$$

В сферически-симметричном случае, когда  $\psi_j(\vec{p}) = \psi_j(|\vec{p}|)$ , вводя параметризацию  $p = m \text{sh} \chi_p$ ,  $E_p = m \text{ch} \chi_p$ ,  $E = m \cos w$ , из (1) полученные сводимые к дифференциальным интегральные уравнения ( $F_j(\chi_p) = G_{0,j}^{-1}(E, E_p) p \psi_j(p)$ )

$$F_j(\chi_p) = -\frac{\lambda m}{a} \left[ \int_{\chi_p}^{\infty} \exp(-am\chi_k) \text{sh}(am\chi_p) G_{0,j}(m \cos w, m \text{ch} \chi_k) F_j(\chi_k) d\chi_k + \int_0^{\chi_p} \exp(-am\chi_p) \text{sh}(am\chi_k) G_{0,j}(m \cos w, m \text{ch} \chi_k) F_j(\chi_k) d\chi_k \right]$$

Спектр собственных значений константы связи  $\lambda$  найден нами численно с помощью интегральных уравнений (3), которые сводятся к матричной задаче на собственные значения. На рис. 1 представлены зависимости параметра  $w$  от  $\lambda$  при разных значениях параметра  $a$  ( $m = 1$ ).

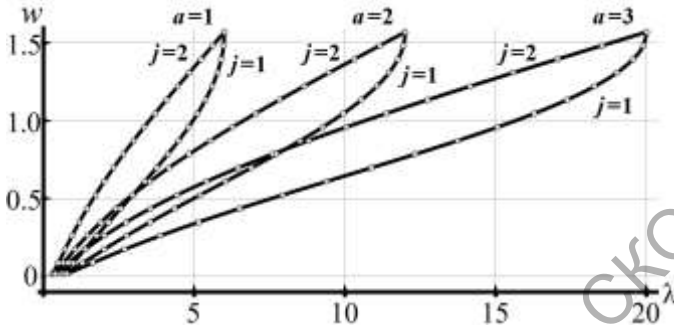


Рисунок 1 – Основное состояние при  $a=1, 2, 3$ .

### Литература

1. Капшай В.Н., Кулешов С.П., Скачков Н.Б. Об одном классе точных решений квазипотенциальных уравнений/ ТМФ, 55:3 (1983), 349-360.

**А. А. Шамьна**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА О ПРОХОЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ БЕСКОНЕЧНУЮ ПЕРИОДИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ БИЗОТРОПНЫХ СЛОЁВ

Самым общим случаем изотропных сред в электродинамике являются биизотропные среды. Их электромагнитные свойства описываются материальными уравнениями  $\vec{D} = \varepsilon \vec{E} + (\chi + i\alpha)\vec{H}$ ;  $\vec{B} = (\chi - i\alpha)\vec{E} + \mu\vec{H}$ . Здесь  $\varepsilon, \mu$  – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды,  $\alpha$  – параметр гиротропии,  $\chi$  – параметр невязности.

Рассмотрим граничную задачу о прохождении плоской циркулярно-поляризованной волны, падающей нормально на периодическую систему из  $p$  пластинок среды 2 толщиной  $d_2$ , находящихся на расстоянии  $d_1$  друг от друга в среде 1. Уравнения падающей волны  $\vec{E}_v^n = (\vec{i} + iv\vec{j})E_v^n e^{-i(\alpha x - k_v^1 z)}$ ;  $\vec{H}_v^n = -b_v^1 \vec{E}_v^n$ . Здесь  $\vec{E}_v^n$ ,  $\vec{H}_v^n$  – электрическая и магнитная напряжённости соответственно,  $-b_v^1$  – коэффициент про-



порциональности [1],  $\nu = +1$  – право поляризованная волна,  $\nu = -1$  – лево поляризованная волна. Требуется исследовать зависимость  $|R_\nu|$  от  $d_1 / \lambda$ , где  $R_\nu$  - коэффициент отражения.

Для системы из  $p$  пластинок  $R_\nu^p$  задаётся рекуррентной формулой.

$$R_\nu^p = \frac{\rho_\nu^{12} \rho_\nu^{12} (1 - \eta_\nu^2 \eta_{-\nu}^2) + \rho_\nu^{12} \eta_\nu^1 \eta_{-\nu}^1 (\eta_\nu^2 \eta_{-\nu}^2 - \rho_{-\nu}^{12} \rho_\nu^{12}) R_\nu^{(p-1)}}{\rho_\nu^{12} (1 - \rho_{-\nu}^{21} \rho_\nu^{21} \eta_\nu^2 \eta_{-\nu}^2) + \eta_\nu^1 \eta_{-\nu}^1 (\rho_{-\nu}^{21} \rho_\nu^{21} \eta_\nu^2 \eta_{-\nu}^2 - \rho_{-\nu}^{12} \rho_\nu^{12}) R_\nu^{(p-1)}}, \quad (1)$$

где  $\rho_\nu^{12}$ ,  $\rho_\nu^{21}$  и  $\eta_\nu^1$ ,  $\eta_\nu^2$  – коэффициенты отражения и фазы [1].

График зависимости модуля коэффициента отражения от расстояния  $d_1 / \lambda$  для  $p = 20$  пластинок изображён на рисунке 1.

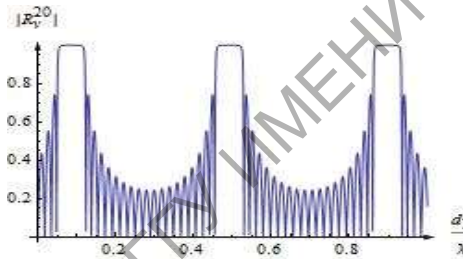


Рисунок 1 – График зависимости  $|R_\nu^{20}|$  от  $d_1 / \lambda$ .

## Литература

1. Капшай В.Н., Прохождение плоских электромагнитных волн через биизотропный слой в биизотропной среде / В.Н. Капшай, А.А. Шамбина, А.Н. Годлевская // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2011. – № 6(69). С. 80-87.

**П. В. Шелестович, Д. С. Шпак**  
(БГУИР, Минск)

**ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЧЕК  
СЛАБОГО ОСТРОГО МИНИМУМА**

Рассмотрим задачу минимизации целевой функции  $f(x)$  на множестве

$$C = \{x \in R^n : h_i(x) \leq 0 \quad i = \overline{1, r}, h_i = 0 \quad i = \overline{r+1, p}\},$$

где  $f, h_i$  – дважды непрерывно дифференцируемые функции.

Обозначим через  $S$  множество оптимальных точек задачи. Точку  $x_0 \in S$  будем называть регулярной, если существует число  $M > 0$  и окрестность  $V(x_0)$  такие, что

$$\rho(x, C) \leq M \max \{0, h_i(x) \quad i = \overline{1, r}, |h_i(x)| \quad i = \overline{r+1, p}\}$$

для всех  $x \in V(x_0)$ .

Точку  $x_0 \in S$  называют точкой слабого локального острого минимума порядка  $i$ , если существуют числа  $\beta > 0$  и  $r > 0$  такие, что  $f(x) - f(x_0) \geq \beta \cdot \rho^i(x, S \cap V_r(x_0))$  для всех  $x \in C \cap V_r(x_0)$ .

Получим необходимые условия слабой остроты локальной минимальности точек множества  $C$ . Пусть  $L(x, \lambda)$  – функция Лагранжа в рассматриваемой задаче,  $\Lambda(x)$  – множество множителей Лагранжа в точке  $x \in C$ .

**Теорема.** Пусть регулярная точка  $x_0 \in S$  является точкой слабого острого локального минимума порядка 2. Тогда

$$\sup_{\lambda \in \Lambda(x_0)} \langle \bar{x}, \nabla_{xx}^2 L(x_0, \lambda) \bar{x} \rangle \geq \beta \cdot \rho^2(\bar{x}, T_S(x_0))$$

для всех  $\bar{x}$  таких, что

$$\langle \nabla f(x_0), \bar{x} \rangle \leq 0, \quad \nabla h_i(x_0), \bar{x} \rangle \leq 0 \quad i \in I(x_0), \quad \nabla h_i(x_0), \bar{x} \rangle \leq 0 \quad i = \overline{r+1, p},$$

где  $I(x) = \{i = r : h_i(x) = 0\}$ ,  $T_S(x_0)$  – касательный конус к множеству  $S$  в точке  $x_0$ .

**Д. С. Шпак**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

**КВАЗИОБРАТНЫЙ ЭВОЛЮЦИОННЫЙ  
ОПЕРАТОР ПЕРВОГО ПОРЯДКА**

## ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С КВАДРАТИЧНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Пусть нелинейное дифференциальное уравнение  $n$ -го порядка с квадратичной нелинейной частью и линейной частью, записанной в общем виде, имеет вид

$$L(D)x + dx^2 = f(t) \quad (1)$$

$$L(D)x = \frac{d^m x}{dt^m} + c_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + c_{m-2} \frac{d^{m-2} x}{dt^{m-2}} + \dots + c_1 \frac{dx}{dt} + c_0 x.$$

Уравнению (1) можно поставить в соответствие квадратичный нелинейный эволюционный оператор  $Ax = a_1 * x + S_2(a_2 * x^{\otimes 2})$  ( $x \in X$ ) с обобщенными импульсными характеристиками

$a_1 = \delta^{(m)} + c_{m-1} \delta^{(m-1)} + c_{m-2} \delta^{(m-2)} + c_{m-3} \delta^{(m-3)} + \dots + c_1 \delta' + c_0 \delta$ ,  $a_2 = d \delta^{\otimes 2}$ , где  $\delta$  – дельта-функция, определяемая равенством  $\delta(x) = x(0)$ .

Известно, что операторная компонента первого порядка  $Bf$ , нелинейного квазиобратного эволюционного оператора  $Bf$  для квадратичного нелинейного эволюционного оператора  $Ax$ , порожденного уравнением (1) определяется равенством  $B_1 f = b_1 * f$ , где  $b_1$  – обобщенная импульсная характеристика. При этом для импульсных характеристик  $b_1$  и  $a_1$  должно выполняться равенство  $b_1 * a_1 = \delta$ .

В общем виде обобщенная импульсная характеристика  $b_1$  будет иметь вид

$$b_1(t) = \theta(t) \left( \sum_{i=1}^n \prod_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{1}{\lambda_i - \lambda_j} e^{\lambda_i t} + \sum_{l=1}^k t^{j_l-1} e^{\lambda_l t} + \sum_{p=1}^r e^{\alpha_p t} \sin \beta_p t + \sum_{i=1}^s \sum_{h=0}^j C_h^1 t^{2h} e^{\alpha_i t} \sin \beta_i t + C_h^2 t^{2h-1} e^{\alpha_i t} \cos \beta_i t \right),$$

где  $n$  – количество простых вещественных корней  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  однородного характеристического уравнения, составленного к уравнению (1);

$k$  – количество кратных вещественных корней  $\lambda_{n+1}, \dots, \lambda_{n+k}$  однородного характеристического уравнения,  $j_l$  – соответствующие кратности;

$r$  – количество комплексно-сопряженных корней  $\lambda_{n+k+1}, \dots, \lambda_{n+k+r}$  однородного характеристического уравнения кратное 2;  $\alpha_p, \beta_p$  – действительная и мнимая части комплексно-сопряженных корней;

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

---

$s$  – количество кратных комплексно-сопряженных корней кратностей  $j_1, \dots, j_s$ ,  $C_0^2 = 0$ ,  $j = (j_i - 1) / 2$  при  $j_i$  – нечётной кратности комплексно-сопряженных корней  $\lambda_{n+k+r+1}, \dots, \lambda_{n+k+r+s}$ ;  $C_0^2 = C_{j_i/2}^1 = 0$ ,  $j = j_i / 2$  при чётной кратности  $j_i$ . Заметим, что  $n + k + r + s = m$ .



## **АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ**

*Теория вероятностей и  
математическая статистика,  
теория массового обслуживания*

---

**Д. А. Алексеева**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЦЕН РЫНОЧНЫХ АКТИВОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ЦИКЛОВ И ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ**

Планирование объемов и направлений инвестиций, формирование оптимального портфеля ценных бумаг, расчеты возможных рисков поставили вопросы прогнозирования в биржевой деятельности на одно из первых мест. Технический анализ – это прогнозирование изменений цен в будущем на основе анализа изменений цен в прошлом. Одним из разделов технического анализа является теория циклов. Вкратце суть этой теории заключается в том, что все в природе развивается циклически. Самым известным циклическим методом является волновая теория Эллиота.

В основе теории Эллиота лежит волновая диаграмма, соотношения внутри которой задаются коэффициентами Фибоначчи. Торговая стратегия с использованием теории Эллиота дает возможность выявлять будущие появления максимумов и минимумов любого ценового движения. Благодаря этому можно отдавать своевременные приказы о продаже или покупке. Риск вступления в сделку снижается до приемлемого уровня, а возможная прибыль увеличивается из-за того, что момент принятия решения об открытии торговой позиции рассчитывается очень близко к экстремальным значениям цены.

В работе рассмотрен анализ графика цен акций ОАО «ГМК «Норильский никель» за период с 16 января 2012 года по 16 ноября 2012

года. Отслеживая динамику изменения цен акций, на основании принципов волновой теории были последовательно идентифицированы восемь волн, которые образовали полный цикл волн Эллиота. Для каждой из построенных волн был проведен анализ, благодаря которому были сделаны предположения о дальнейшем движении цены и выявлены поворотные точки на рынке. В рассмотренном примере волновая теория Эллиота доказала свою работоспособность.

Выводы о формировании волн носят субъективный характер. При этом волновая теория является хорошими помощниками в формировании прогноза ценового изменения.

### Литература

1 Эрлих, А.А. Технический анализ товарных и финансовых рынков: Прикладное пособие/ А.А. Эрлих – М: ИНФРА-М, 1996. – 176 с.

2 Швагер, Дж. Технический анализ. Полный курс/ Дж. Швагер – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.

3 Сафонов, В.С. Практическое использование волн Эллиота в трейдинге: диагностика, прогнозирование и принятие решений [Текст]/ В.С. Сафонов – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 363 с.

**Е. А. Басуматоров**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ГРУПП ДОГОВОРОВ КРАТКОСРОЧНОГО СТРАХОВАНИЯ ЖИЗНИ**

В актуарной математике модели страхования жизни условно делят на две большие группы в зависимости от того, принимается или нет в расчет изменение ценности денег с течением времени. Если нет, то мы говорим о краткосрочном страховании; обычно в качестве такого “короткого” интервала мы будем рассматривать один год. Если же да, то мы говорим о долгосрочном страховании. Конечно, это деление условно и, кроме того, долгосрочное страхование связано с рядом других обстоятельств.

Простейший вид страхования жизни заключается в следующем. Человек платит страховой компании премию, а компания соглашается

выплатить наследникам застрахованного компенсацию, в случае его смерти в течение года (и не платит ничего, если человек не умрет в течение года). Величина страховой выплаты, много больше, чем страховая премия. Нахождение “правильного” соотношения между ними – одна из важнейших задач актуарной математики.

Рассмотрена модель портфеля краткосрочного страхования жизни, состоящего из групп договоров, сроком на один год. Были найдены величины индивидуальных потерь, для каждой группы, а также капитал, который необходим компании для выполнения своих обязательств с заданной вероятностью. Для построенной модели портфеля были найдены премиальные взносы для каждой группы застрахованных в соответствии с тремя принципами: если добавочная сумма делится пропорционально нетто-премии, дисперсии и среднеквадратичным отклонениям. Премиальные взносы показывают, какую сумму должен заплатить человек из каждой группы, чтобы компания имела заданную вероятность неразорения.

### Литература

1 Фалин, Г.И. Математические основы теории страхования жизни и пенсионных схем : учеб. пособие для вузов / Г.И. Фалин – М. : МГУ им. М.В.Ломоносова, 1996. – 220 с.

2 Фалин, Г.И. Актуарная математика в задачах. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Фалин, А.И. Фалин – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 192 с.

**Н. В. Бусько, Н. В. Семенчук**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **ПОСТРОЕНИЕ РАСШИРЕННОЙ ПЕРИОДОГРАММЫ ДЛЯ ЭРГОДИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА**

Эргодическим стационарным случайным процессом называется такой процесс, любая вероятностная характеристика которого, полученная на ансамбле реализаций в какой-либо момент времени  $t$ , равна, с вероятностью, сколь угодно близкой к единице, аналогичной характеристике, полученной на одной единственной реализации процесса путем усреднения по времени за достаточно большой промежуток времени  $T$  [1].

Расширенной периодограммой называется периодограмма вида [2]

$$I_T^{(h)}(\lambda) = \frac{1}{2\pi H_2^{(T)}(0)} d_T(\lambda) d_T(-\lambda),$$

где

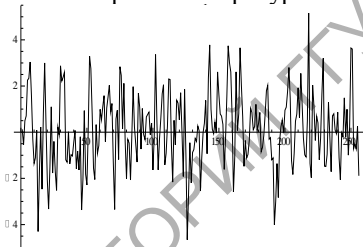
$$d_T(\lambda) = \sum_{t=0}^{T-1} h_T(t) X(t) e^{-i\lambda t},$$

$$H_k^{(T)}(\lambda) = \sum_{t=0}^{T-1} (h_T(t))^k e^{-i\lambda t},$$

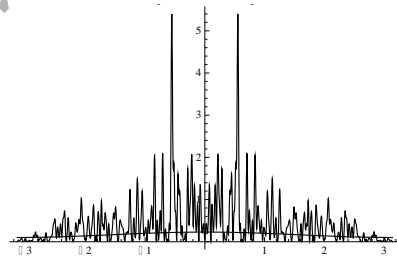
функция  $h_T(t) = h\left(\frac{t}{T}\right)$ ,  $h: [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}$  – функция окна просмотра данных,  $k \in \mathbf{N}$ ,  $T \in \mathbf{N}$ .

Разработан алгоритм построения расширенной периодограммы в СКА «Mathematica 8.0» с использованием 10 окон просмотра данных. Алгоритм позволяет строить расширенные периодограммы за приемлемое время для рядов длиной до 10000 (см. рисунок).

Использование эргодического стационарного случайного процесса позволяет строить оценки спектральной плотности (в виде расширенной периодограммы), зачастую избавляет исследователей от проведения многочисленных экспериментов, связанных с затратами материальных и временных ресурсов.



1.1 Реализация процесса



1.2 Расширенная периодограмма для треугольного окна множества  $\Pi_1$  и теоретическая спектральная плотность

Рисунок – Результаты для процесса скользящего среднего первого порядка  $MA(1)$   $T=256$ , с параметром  $\alpha_1 = 0.2$ ,  $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ . ( $M = 3$ )

### Литература

1. Волков, И.К. Случайные процессы: учеб. для вузов / И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветкова; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 448 с.



2. Труш, Н. Н. Случайные процессы. Преобразование Фурье наблюдений: учеб. пособие / Н.Н. Труш, Е. И. Мирская. – Минск: БГУ, 2000. – 60 с.

**В. А. Буховец, Ю. В. Малинковский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)  
**СТАЦИОНАРНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРЁХУЗЛОВОЙ  
ЦИКЛИЧЕСКОЙ СЕТИ  
С ГРУППОВЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ**

Рассмотрим открытую систему массового обслуживания, состоящую из трех узлов (приборов);  $n(t) = (n_1(t), n_2(t), n_3(t))$ , где  $n_i(t)$  – число заявок в  $i$ -ом узле в момент времени  $t$ . В сеть поступает стационарный пуассоновский поток сообщений с интенсивностью  $\lambda$ , который формирует группу заявок случайного размера  $X_n$  поступающих в первый узел. Предполагается, что  $\{X_{ni}, n = 1, 2, \dots\}, i = 1, 2, 3$  – последовательность независимых одинаково распределенных целочисленных случайных величин с конечными математическими ожиданиями  $m_{A_i}$ . Далее на обслуживание выбирается группа заявок случайного размера  $Y_n$ , обслуживание – экспоненциальное с интенсивностью  $\mu_i$ . Выбор размера группы происходит в конце процесса ее обслуживания (ассамблеино-трансферное обслуживание). Предполагается, что  $\{Y_{ni}, n = 1, 2, \dots\}$  – последовательность независимых одинаково распределенных целочисленных случайных величин с конечными математическими ожиданиями  $m_{B_i}$  и производящей функцией  $\tilde{B}_k(z)$ . После обслуживания группа покидает систему и далее передается сообщение во второй узел, после обслуживания на втором приборе сообщение с вероятностью 0,25 покидает сеть, а с вероятностью 0,75 поступает в третий узел, далее сообщение передается снова в первый узел. Пусть  $\rho_i = \frac{\gamma_i}{\mu_i}$ , где  $\gamma_i$  – интенсивность потока сообщений, поступающих в первый узел.

**Теорема.** При выполнении условия  $\gamma_i m_{A_i} < \mu_i m_{B_i}$  процесс  $n(t)$  эргодичен. Для того, чтобы его стационарное распределение представлялось в виде произведения  $p(n) = p_1(n_1) p_2(n_2) p_3(n_3)$ , в котором

множители  $p_i(n_i)$  имеют форму смещенных геометрических распределений  $p_i(0) = p_i^{(0)}$ ,  $p_i(n) = (1 - p_i^{(0)})(1 - c_i)c_i^{n-1}$ , необходимо и достаточно чтобы  $\rho_i < 1$ ,  $p_i^{(0)} = 1 - \rho_i$  и размеры формируемых при поступлении групп имели геометрическое распределение с параметром  $a_i = \frac{c_i - \rho_i}{1 - \rho_i}$ . Здесь

в терминальных узлах  $c_i$  – корни уравнений  $\tilde{B}_i(c_i) = \frac{1 - (1 + \rho_i)p_i^{(0)}}{1 - p_i^{(0)}}$ ,  $i = 1, 2, 3$ . При этом выходящие из сети потоки групп

заявок являются независимыми и пуассоновскими.

**Е. С. Габрусевич, М. А. Матальский**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)  
**АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ФОРМИРОВАНИЯ ДОХОДОВ ОБЛАСТНОЙ  
НАЛОГОВОЙ ИНСПЕКЦИИ**

Рассматривается модель формирования налоговых доходов Гродненской областной налоговой инспекции (ОНИ) с помощью открытой экспоненциальной НМ (Howard-Matalytski)-сети массового обслуживания (МО) со случайными доходами от переходов между состояниями.

В процессе работы решались следующие задачи:

- 1) разработка стохастической модели прогнозирования налоговых доходов, поступающих в ОНИ, с помощью НМ-сети;
- 2) построение графиков ожидаемого дохода ОНИ на различных интервалах времени;
- 3) сравнение спрогнозированного дохода ОНИ с реальными данными.

Стохастическая модель формирования доходов от налогов, поступающих в ОНИ, может быть представлена в виде сети МО, состоящей из центральной системы массового обслуживания (СМО)  $S_{22}$ , соответствующей самой ОНИ, которая непосредственно распределяет поступившие денежные средства, 21 периферийной СМО, в том числе 17, соответствующих районным инспекциям области и 2, соответствующих районным инспекциям г. Гродно, а также 2, соответствующих местному и областному бюджетам ( $S_{20}$ ) и республиканскому бюджету ( $S_{21}$ ). Заявками в сети служат данные из районных инспекций о сум-

мах поступивших от организаций, индивидуальных предпринимателей и физических лиц налогов.

Задав начальные условия  $v_n(0) = v_{n0}$ , ожидаемый доход центральной СМО (областной налоговой инспекции) можно найти как решение следующего дифференциального уравнения (ДУ) первого порядка с разрывными правыми частями:

$$\frac{dv_n(t)}{dt} = c_n + \sum_{j=1}^n \mu_j \min(N_j(t), 1) p_{jn} a_{jn} - \mu_n \min(N_n(t), 1) \sum_{j=1}^n p_{nj} b_{nj},$$

где  $c_n$  – среднее значение, на которое система  $S_n$  увеличивает свой доход за счет процентов на денежные средства, находящиеся в ней;  $\mu_j$  – интенсивность обслуживания заявки в  $j$ -ой СМО;  $p_{jn}$  – вероятность перехода заявки из системы  $S_j$  в  $S_n$ ;  $a_{jn}$  – среднее значение дохода, который приносит заявка системе  $S_n$  при переходе из системы  $S_j$ ;  $\mu_n$  – интенсивность обслуживания заявки в системе  $S_n$ ;  $p_{nj}$  – вероятность перехода заявки из системы  $S_n$  в  $S_j$ ;  $b_{nj}$  – среднее значение дохода, который приносит заявка системе  $S_j$  при переходе из системы  $S_n$ ;  $N_j(t)$  – среднее число заявок в  $j$ -ой СМО,  $j = \overline{1, n}$ .

Среднее число заявок в системах  $N_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$  находится путем решения следующей системы неоднородных ДУ:

$$\begin{cases} \frac{dN_i(t)}{dt} = \mu_n p_{ni} \min(N_n(t), 1) - \mu_i \min(N_i(t), 1) + \lambda p_{0i}, & i = \overline{1, n-1} \\ \frac{dN_n(t)}{dt} = \sum_{j=1}^m \mu_j \min(N_j(t), 1) p_{jn} - \mu_n \min(N_n(t), 1) \end{cases}$$

где  $\lambda p_{0i}$  – интенсивность поступления заявок в  $i$ -ую СМО.

**А. А. Жук, В. М. Булойчик**  
(ВА, Минск)

### **ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ**

В настоящее время часто возникают задачи нахождения вероятностей поражения объектов, для того чтобы оценить их степень пораже-

ния. Как правило, при решении таких задач используют справочные издания, в которых для многих объектов удара и применяемых боеприпасов указываются, мощность боевой части  $Q$ , точность доставки  $\sigma$  и соответствующая вероятность возможного состояния объекта  $P$  (средняя степень поражения и полное разрушение). При построении имитационных моделей боевых действий необходимы знания оценок результатов поражения для множества исходных данных, не входящих в известные справочные издания. Поэтому предлагается на основе математического аппарата теории марковских процессов и по известным точечным оценкам восстановить зависимость, описывающую моделируемый процесс поражения.

Функциональные зависимости вероятностей состояний поражаемого объекта имеют вид:

$$\begin{aligned} P_0(Q) &= e^{-\lambda_1 Q}; \\ P_1(Q) &= \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 Q} - e^{-\lambda_2 Q}); \\ P_2(Q) &= 1 - (P_0 + P_1). \end{aligned}$$

С учетом известных точечных значений  $A_1$ ,  $Q_1$  и  $A_2$ ,  $Q_2$  можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 Q_1} - e^{-\lambda_2 Q_1}) = A_1; \\ 1 - \left[ e^{-\lambda_1 Q_2} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 Q_2} - e^{-\lambda_2 Q_2}) \right] = A_2. \end{cases} \quad (1)$$

Разрешив систему (1) относительно неизвестных значений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , имеется возможность восстановить всю зависимость вероятностей состояний  $P_0$ ,  $P_1$ , и  $P_2$  от приведенного суммарного боеприпаса  $Q$ .

Таким образом, в основе предлагаемого подхода к решению задачи оценивания результатов воздействия средств поражения лежит комбинированная система, включающая марковскую модель поражения объектов и имеющиеся опытные данные.

### Литература

1. Нейросетевой подход к оценке результатов поражения объектов / В. М. Булойчик, А. А. Жук // Вестник Военной академии Республики Беларусь: военный научно-теоретический журнал. – 2007. – № 3. – С. 13-20.

**А. И. Жукова, Е. В. Марченко, А. Н. Носкевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ИНТЕРВАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЁЖНОСТИ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В докладе рассматривается один из способов вероятностной оценки надёжности графовых структурно-сложных систем (ССС), исключение ограниченного компонентов которых превращает их в структурно-простые системы (СПС). Это позволяет применить для вероятностной оценки надёжности подобных систем метод вероятностно-алгебраического моделирования (ВАЛМ) без ограничений на число составляющих их компонентов [1].

На рисунке схематично представлена последовательность действий, позволяющая рассчитать надёжность СССР (А), имеющих лишний компонент (К). Во-первых, предлагается выделить остов графа исследуемой системы ( $A_1$ ), не содержащий лишний компонент (К). Во-вторых, сформировать вероятностные оценки надёжности структуры  $A_1$  с использованием ВАЛМ. В-третьих, рассчитать вероятностные оценки надёжности структуры  $A_2$ , полученной в результате последовательного соединения структуры  $A_1$  и компонента К. В-четвёртых, рассчитать вероятностные оценки надёжности структуры  $A_3$ , полученной в результате параллельного соединения структуры  $A_1$  и компонента К.

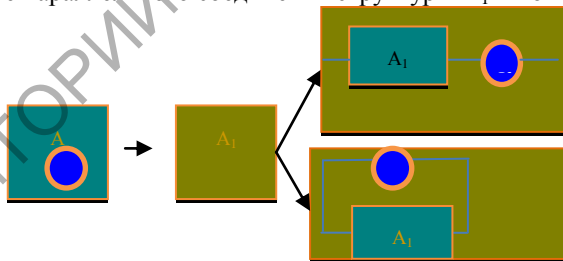


Рисунок 1 – Схема расчёта интервальных оценок надёжности СССР

Надёжность системы будет изменяться в пределах, определяемых нижней границей (расчёт структуры  $A_2$ ) и верхней границей (расчёт структуры  $A_3$ ).

## Литература

1. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры /Е.И. Сукач; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 224 с.

**Т. К. Ивановская, М. А. Матальцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)  
**О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОХОДОВ**  
**РЕГИОНАЛЬНОЙ ТАМОЖНИ**

Рассматривается стохастическая модель функционирования Гродненской региональной таможни (ГРТ) с помощью открытой НМ (Howard-Matalytski)-сети массового обслуживания (МО) со случайными доходами от переходов заявок между ее состояниями.

Модель ГРТ может быть представлена в виде сети МО, состоящей из центральной системы массового обслуживания (СМО)  $S_{11}$ , соответствующей ГРТ и 10 периферийных СМО:  $S_1$  – таможенный пункт (ТП) «Брузги»,  $S_2$  – ТП «Берестовица»,  $S_3$  – ТП «Привалка»,  $S_4$  – организация таможенного оформления и контроля (ОТОиК) №1,  $S_5$  – ОТОиК №2,  $S_6$  – ТП «Гродно-2»,  $S_7$  – ТП «Волковыск»,  $S_8$  – бюджет Гродненской области,  $S_9$  – Республиканский бюджет,  $S_{10}$  – расходы. Заявками в модели являются операции по зачислению денежных средств на счет таможни, поступающих из различных периферийных СМО.

Выражение для нахождения ожидаемых доходов центральной СМО имеет вид:

$$v_n(t) = v_{n0} + \left[ c_n + \lambda p_{0i} a_{0i} + \sum_{i=1}^n \mu_i \min(N_i(t), m_i) (p_{in} a_{in} - p_{i0} b_{i0}) - \mu_n \min(N_n(t), m_n) \sum_{i=1}^n p_{ni} b_{ni} \right] t,$$

где  $v_{n0}$  – доход системы  $S_n$  в начальный момент времени  $t_0$ ;  $c_n$  – среднее значение, на которое система  $S_n$  увеличивает свой доход за счет процентов на денежные средства, находящиеся в ней;  $\lambda$  – интенсивность поступления заявок в сеть;  $p_{in}, p_{i0}, p_{ni}, p_{oi}$  – вероятность перехода заявки из системы  $S_i, i = \overline{1, n}$  в систему  $S_n$  или во внешнюю

среду и наоборот;  $a_{0i}, a_{in}$  – среднее значение дохода, который приносит заявка при переходе из внешней среды или из системы  $S_i, i = \overline{1, n}$  в систему  $S_n$ ;  $\mu_i, \mu_n$  – интенсивность обслуживания заявки в  $i$ -ой и центральной СМО;  $N_i(t), N_n(t)$  – среднее число заявок в  $i$ -ой и центральной СМО;  $m_i, m_n$  – число линий обслуживания в  $i$ -ой и в центральной СМО;  $b_{i0}, b_{ni}$  – среднее значение дохода, который приносит заявка при переходе из системы  $S_n$  в систему  $S_i, i = \overline{1, n}$  или во внешнюю среду.

Предположим, что сеть функционирует в условиях высокой нагрузки, т.е. в любой момент времени в системах сети есть заявки, тогда среднее число заявок сети можно найти, используя следующие уравнения:

$$N_i(t) = \left( \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \mu_j p_{ji} - \mu_i + \lambda p_{0i} \right) t + N_i(0), \quad i = \overline{1, n},$$
$$N_n(t) = \left( \sum_{j=1}^m \mu_j p_{jn} - \mu_n \right) t + N_n(0).$$

**И. С. Копть**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

**РАЗРАБОТКА САЙТА  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА  
НА JAVA С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MYSQL**

Целью работы является создание сайта железнодорожного вокзала с возможностью просмотреть расписание поездов, наличие мест, стоимость проезда, заказать и купить железнодорожный билет.

В современном мире информационные технологии направлены на обеспечение организации жизнедеятельности современного общества. Сейчас трудно найти сферу, в которой не используются информационные технологии. IT – технологии помогают не только в управлении государством, образовании, медицине и бизнесе, но и для облегчения жизнедеятельности людей.

Покупка билетов – это необходимость ехать на вокзал, суета и большие очереди и т.д. Но все эти операции можно провести за компьютером. На сайте ж/д вокзала можно приобрести нужный билет, не

выходя из дома, круглосуточно, имея возможность сравнить время поезда в пути и стоимость проезда, а так же получить сведения о наличии билетов. А бывает и такое, что нужного билета уже нет в продаже, но в силу человеческого фактора билеты сдаются и перепродаются, в этом и помогает разработанный сайт.

Проект реализован в среде NetBeans 6.71 IDE с помощью языка JAVA. Используются также фреймворки Struts и Hibernate, для хранения информации используется база данных MySQL.

Современные информационные технологии позволяют облегчить труд человека и способны во много раз ускорить процесс производства. Задача созданного сайта железнодорожного вокзал полностью решена, и взаимодействие покупателя с руководством железнодорожного вокзала максимально упрощено.

**А. А. Красовская, Г. А. Мальцева, Ю. В. Жердецкий**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМ-ТРЕХПОЛЮСНИКОВ**

В докладе рассматривается способ вероятностной оценки надёжности систем-трёхполюсников, разработанный в рамках вероятностно-алгебраического подхода [1]. Исследуемая система представляется в виде графа  $G(N, K)$ . Предполагается, что компонентам системы соответствуют вершины графа  $\{K\}$ , из множества которых выделены три терминальные вершины (полюса)  $K_1, K_2, K_3$ . Связи между компонентами описываются рёбрами  $\{N\}$ .

Предполагается, что компоненты исследуемой системы могут находиться в двух состояниях  $S = \{S_j\}, j = \overline{1, 2}$  (работа, отказ) с заданными вероятностями:

$$S = \begin{cases} S_1, & c \text{ вероятностью } q_i \\ S_2, & c \text{ вероятностью } (1 - q_i) \end{cases}. \quad (1)$$

Эти вероятности являются исходными данными для расчёта вероятностных состояний надёжности исследуемой системы.

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_5), \sum_{j=1}^5 p_j = 1. \quad (2)$$



Результирующий вектор (2), характеризующий надёжность системы, имеет размерность 5, что соответствует 5 возможным состояниям  $S = \{S_j\}, j = \overline{5}$ , определяющим уровни надёжности системы и описывающим различные варианты её работы. В графе им соответствует множество компонент связности [2].

Способ обеспечивает определение точных вероятностных оценок надёжности систем-трёхполосников с ограниченным числом компонентов ( $K \leq 20$ ). Для систем специальной структурной организации возможен расчёт надёжности, не имеющий ограничений на число компонентов. В общем случае, сформированный вектор обеспечивает получение вероятностных оценок надёжности системы для различных сочетаний выбранных полюсов и является исходным при вероятностно-алгебраическом умножении структур-трёхполосников.

### Литература

1. Сукач, Е.И. Способ формализации объектов графовой структуры с вероятностными параметрами функционирования/Е.И. Сукач, Д.В. Ратобильская, Ю.В. Жердецкий, Г.А. Мальцева//Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2012. №5(74). – С.195-202.

2. Сукач, Е.И. Методика оценки вероятностных характеристик надёжности систем-четырёхполосников /Е.И. Сукач// Доклады БУГУ-ИР. – 2012. – №7(69). – С.71-77.

**А. А. Кузьмина**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРТФЕЛЕЙ ОБЛИГАЦИЙ**

В наше время облигации относятся к одному из наиболее конкурентоспособных инвестиционных инструментов, обладающих потенциальными возможностями обеспечения привлекательной доходности в виде текущих процентов и (или) прироста капитала. Основное свойство облигации – ее цена изменяется в направлении, противоположном направлению изменения ее внутренней доходности. При этом облигации являются более гибким способом мобилизации капитала для эми-

тента и вложения средств для инвестора. Нет ограничений на валюту облигаций, на характер их обращений (свободно обращающиеся и с ограничениями) и владения ими (именные и предъявительские).

Инвестиции осуществляются в форме вложений в отдельные финансовые инструменты или создания портфеля ценных бумаг. Суть портфельного инвестирования состоит в улучшении возможностей инвестирования путем придания совокупности объектов инвестирования тех инвестиционных качеств, которые недостижимы с позиции отдельно взятого объекта, а возможны лишь при их сочетании. Структура инвестиционного портфеля отражает определённое сочетание интересов инвестора. Таким образом, такой портфель выступает как инструмент, посредством которого достигается требуемая доходность при минимальном риске и определенной ликвидности. Формирование портфеля облигаций дает инвесторам неоспоримые преимущества в периоды спада деловой активности. Плюс стабильный поток дохода и относительно низкий риск делает их отличным инструментом диверсификации. Потому интерес к облигациям наблюдается как со стороны частных, так и институциональных инвесторов.

Были рассмотрены алгоритмы расчета некоторых характеристик облигаций и их портфелей: текущая стоимость, премия, дисконт, дюрация, показатель выпуклости, средневзвешенная доходность. Рассмотренные алгоритмы реализованы в C++, что позволило значительно сократить время на их решение и учесть больше различных вариантов задач, проведены анализ доходности портфеля и отдельных облигаций.

### Литература

1. Мельников, А.В. Математические методы финансового анализа / А.В. Мельников, Н.В. Попова, В.С. Скорнякова. – М.: "Анкил", 2006. – 440 с.
2. Базовый курс по рынку ценных бумаг. – М.: Финансовый издательский дом "Деловой экспресс", 1997. – 485 с.

**И. Ю. Маршков**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТОЙ ТРЕХУЗЛОВОЙ СЕТИ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ ЗАЯВКАМИ**

Рассматривается открытая сеть массового обслуживания, состоящая из трех узлов. В сеть поступают два простейших потока положи-

тельных заявок интенсивности  $\lambda^+$  и отрицательных заявок интенсивности  $\lambda^-$ . Число мест для ожидания в каждом узле – неограниченное. Очереди в узлах формируются из положительных заявок. Обслуживания требуют только положительные заявки. В каждом узле находится один обслуживающий прибор. Времена обслуживания положительных заявок в узлах независимы, не зависят от процесса поступления заявок и имеют показательное распределение с параметром  $\mu_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ). Заявки обслуживаются в порядке их поступления в узел. Заявки поступают в узлы сети извне и перемещаются по сети согласно неприводимой матрице маршрутов. При поступлении в непустой узел отрицательная заявка уменьшает длину очереди положительных заявок на единицу. Если отрицательная заявка поступает в узел, в котором нет положительных заявок, то она не оказывает никакого воздействия на сеть.

Для исследования описанной трехузловой сети массового обслуживания использовалась модель сети Геленбе [1].

Для данной модели сети были составлены уравнения равновесия, составлены и решены уравнения трафика, найдено условие эргодичности, найдено стационарное распределение вероятностей состояний сети. Найдены некоторые числовые характеристики: среднее число заявок, среднее число заявок, ожидающих обслуживания, среднее время пребывания, среднее время ожидания обслуживания заявками в узлах и в сети.

### Литература

1. Gelenbe, E. Product form networks with negative and positive customers. //J. Appl. Prob. / E. Gelenbe. – 1991 – V.28. – P.656-663.

**Т. В. Маспанова**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **СЕТЬ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЗАЯВОК**

Моделируется процесс оформления заказов на мебельном предприятии, на котором можно заказать кухонную, офисную или мягкую мебель. На предприятие могут обращаться частные лица (назовем их заявками первого типа) и организации, предприятия, государственные учреждения (назовем их заявками второго типа). Клиент, пришедший в

офис мебельного предприятия, первоначально обращается в пункт приема заказов, где он может получить необходимую информацию, оформить бумаги на заказ, сделать платежи. После чего клиент может покинуть предприятие или перейти для оформления заказа в один из трех отделов: кухонной мебели, офисной мебели, мягкой мебели. В каждом отделе работают по три работника одинаковой квалификации, которые дают консультацию, помогают выбрать мебель, оформляют заказ. Сделав заказ в одном из отделов, клиент возвращается в пункт приема, где он вносит аванс. После чего клиент может уйти из офиса предприятия, снова вернуться в отдел, где он был, или перейти в любой другой отдел.

Данный процесс оформления заказов на мебельном предприятии можно описать открытой четырехузловой сетью массового обслуживания [1], в которую поступают независимые пуассоновские потоки с интенсивностями  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Заявки по сети перемещаются в соответствии с неприводимой матрицей маршрутов. В каждом узле формируются две очереди: из заявок первого и заявок второго типа. В каждом узле находятся два прибора, обслуживающие соответственно заявки первого и второго типов. Времена обслуживания заявок приборами в узлах независимы, не зависят от процесса поступления заявок и имеют показательное распределение с параметром  $\mu_1$  для заявки первого типа,  $\mu_2$  – для второго типа. Дисциплины обслуживания заявок в узлах сети FIFO. Сеть описывается марковским процессом.

Для рассмотренной модели сети были составлены уравнения глобального равновесия, составлены и решены уравнения трафика, найдено стационарное распределение вероятностей состояний сети, условие эргодичности.

Найдены числовые характеристики функционирования сети:

- среднее число заявок каждого типа в узлах и в сети;
- среднее число заявок каждого типа в очередях сети и в очереди каждого узла;
- среднее время пребывания заявки каждого типа в узлах и сети;
- среднее время ожидания заявки каждого типа в узлах и сети.

## Литература

1. Jackson, J.R. Networks of waiting lines // Oper. Res./ J.R. Jackson.

**А. И. Новик**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **ПОЛУ-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРА КОПУЛ**

Пусть случайные величины  $X$  и  $Y$  имеют совместную функцию распределения  $F_{XY}(x, y)$ , маргинальные функции распределения  $F_X(x)$ ,  $F_Y(y)$ , и  $f_X(x)$ ,  $f_Y(y)$  – маргинальные плотности распределения. Тогда совместную плотность распределения  $f_{XY}(x, y)$  случайных величин  $X$ ,  $Y$  можно представить в виде:

$$f_{XY}(x, y) = c(F_X(x), F_Y(y))f_X(x)f_Y(y),$$

где плотность копулы  $c(F_X(x), F_Y(y))$ , определяется по формуле:

$$c(F_X(x), F_Y(y)) = \frac{\partial^2 C(F_X(x), F_Y(y))}{\partial F_X(x) \partial F_Y(y)}$$

Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_T\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_T\}$  – выборки объемом  $T$  наблюдений над случайными величинами  $X$ ,  $Y$  соответственно.

Полу-параметрический метод максимального правдоподобия предполагает двухэтапную оценку параметра копулы. На первом этапе используется эмпирическое распределение  $\hat{F}_X(x)$  и  $\hat{F}_Y(y)$ . На втором этапе происходит параметрическая оценка параметра копул.

Предположим, что копула  $C(x, y)$  принадлежит параметрическому семейству с параметром  $\theta$ . Логарифмическая функция правдоподобия имеет вид:

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^T \ln c(F_X(x_i), F_Y(y_i)) + \sum_{i=1}^T \ln(f_X(x_i)f_Y(y_i))$$

Согласно полу-параметрическому методу максимального правдоподобия в качестве оценки неизвестного параметра  $\theta$  принимается такое значение  $\hat{\theta}$ , которое максимизирует функцию  $l(\theta)$ .

$$\hat{\theta} = \max_{\theta \in \Theta} l(\theta) = \max_{\theta \in \Theta^{t-1}} \sum_{t=1}^T \ln c(\hat{F}_x(x_t), \hat{F}_y(y_t); \theta)$$

Оценка построенная по полу-параметрическому методу является состоятельной и асимптотически нормальной.

Используя статистический пакет R исследуются копулы Клейтона, Гумбеля и Франка при различных значениях параметра  $\theta$ , проводится оценивание модели полу-параметрическим методом.

### Литература

1. Cherubini U., Luciano E., Vecchiato W. Copula Methods in Finance. John Wiley & Sons Ltd. 2004, pp. 49-80.

**К. Л. Парфенков**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ЛИНЕЙНЫЕ СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕН РЫНОЧНЫХ АКТИВОВ**

Появление ценной бумаги как инструмента привлечения финансовых ресурсов позволяет вкладчику в определенной степени решать проблему риска, связанного с хозяйственной деятельностью, посредством приобретения такого количества ценных бумаг, которое отвечает стабильности его финансового положения.

Для описания цен и их доходностей используются различные модели. В дискретном случае наиболее распространенные модели AR(p) и MA(q).

В модели скользящего среднего (Moving Average model) MA(q), описывающей эволюцию последовательности  $\{h_n\}$ , предполагается следующий способ формирования значений  $h_n$  по базисной последовательности  $\{\varepsilon_n\}$  независимых случайных величин, имеющих стандартное нормальное распределение:

$$h_n = \mu + b_0 \varepsilon_n + (b_1 \varepsilon_{n-1} + b_2 \varepsilon_{n-2} + \dots + b_q \varepsilon_{n-q}).$$

Говорят, что последовательность  $\{h_n\}$  подчиняется авторегрессионной модели (AutoRegressive model) AR(p) порядка p, если эволюция  $h_n$  описывается следующим уравнением в конечных разностях порядка p:

$$h_n = a_0 + a_1 h_{n-1} + a_2 h_{n-2} + \dots + a_p h_{n-p} + \sigma \varepsilon_n.$$

Проверка гипотез об автокорреляции остатков проверяется согласно тесту Льюнга-Бокса.

Статистика Жака-Бера проводит проверку распределения остатков на нормальность.

Задачи построения моделей MA(1) и AR(1) были реализованы на языке программирования java. Программа представляет собой графическое приложение, принимающее для ввода: имя текстового файла с данными на основании которых будут рассчитываться коэффициенты моделей; имя текстового файла для проверки прогнозируемых значений.

### Литература

1. Люу, Ю. – Д. Методы и алгоритмы финансовой математики / Ю. – Д. Люу. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 751 с.

**О. И. Садовская**  
(БГУИР, Минск)

### УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМОЙ

Рассматривается общее решение задачи синтеза управления дискретной системой, которое описывается множеством логических уравнений с временным параметром. Определим состояние некоторой системы  $S$  в форме векторов  $S_i = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ . Разрядные переменные

$x_i$  принимают следующие значения: 0, 1, \* (значение \* интерпретируется как неопределенность). Пусть операторы  $U_1, U_2, \dots, U_m$  можно представить с помощью двух векторов:  $U_j = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \langle y_1, y_2, \dots, y_n \rangle$ .

Первый из этих векторов определяет, в каких (или каком) состоянии оператор можно применять, а второй, как изменяет данный оператор состояние системы.

Таким образом, была поставлена следующая общая задача. Даны исходное  $S_0$  и конечное  $S_{fin}$  состояния и набор управляющих векторов  $U_1, U_2, \dots, U_m$ . Требуется построить цепочку управляющих векторов, переводящих систему из состояния  $S_0$  в состояние  $S_{fin}$ . Под цепочкой управляющих векторов понимается последовательность

$C = \langle U_{1r}, U_{2r}, \dots, U_{kr} \rangle$ . Операторы применяются последовательно, слева направо, причем условия их применения должны выполняться.

Были сформированы результирующие векторы для этих операторов, а также граф предшествования, в котором нет циклов.

Оценка сложности этого варианта синтеза определяется как оценка числа путей в графе. Все зависит от конкретной задачи, поэтому при отсутствии циклов нужно принимать во внимание число путей. Если граф предшествования имеет вид дерева, то эта ситуация наилучшая и с точки зрения вычислительных затрат оценивается по числу вершин в дереве.

### Литература

1. Нильсон Н. Искусственный интеллект: методы поиска решений = Problem-solving Methods in Artificial Intelligence / Пер. с англ. В. Л. Стефанюка; под ред. С. В. Фомина. – М.: Мир, 1973. – С. 70- 80.

2. Герман, О.В. Одна полиномиально разрешимая задача синтеза поведения интеллектуального робота / О.В. Герман, Д.В. Семерюк // Автоматика и телемеханика. – 2001, №2. – С. 15- 24.

3. Герман, О.В. Синтез управляющего алгоритма в системе продукционных правил с временным параметром / О.В. Герман, Д.В. Занько // Автоматика и телемеханика. – 2003, № 5. – С. 41-52.

**М. В. Свиарский**

(БА, Минск)

### **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ**

Разработка методов обработки опытных данных составляет одну из основных прикладных задач теории вероятностей и математической статистики. Изучая теорию массового обслуживания, военные специалисты без особого труда могут увидеть соответствующие военные ситуации, в которых можно использовать аналитический подход к решению задач, с которыми они сталкиваются в практической деятельности.

Имеется 3 основных направления приложения этой теории, представляющих весьма существенный интерес для военных специалистов:

1) задачи, связанные с организацией всевозможных военных систем обслуживания в целях построения оптимальной системы в каждом конкретном случае;



- 2) задачи, связанные с организацией управления силами в бою;
- 3) задачи, связанные с использованием методов массового обслуживания при математическом моделировании процессов боевых действий.

**Пример:** на аэродроме находится дежурное звено из четырёх истребителей-перехватчиков. Среднее время цикла (полёт на перехват и подготовка к повторному вылету) для этого самолёта равно одному часу. Каждый истребитель наводится на одну цель. Для отражения налёта используются только перехватчики дежурного звена. Интенсивность потока целей  $\lambda=4$  скоростные цели в час. Определим фактическую пропускную способность системы, которая ниже номинальной из-за наличия случайных сгущений и разрежений в потоке целей, которые нельзя предвидеть заранее.

**Решение:** имеем  $\mu=1/t=1/1=1$ ,  $\lambda=4$ ,  $p=\lambda/\mu=4/1=4$ ,  $n=4$ .

По формуле Эрланга получим

$$P_{\text{отказа}} = \frac{4^4 / 4!}{1 + 4/1! + 4^2/2! + 4^3/3! + 4^4/4!} \approx 0,31.$$

Вероятность отказа, равная 0,31, выражает среднюю долю неатакованных целей. Из этого примера видно, что сокращение времени подготовки на земле уменьшает вероятность отказа системы массового обслуживания.

**Вывод:** Из вышеизложенного решения примера можно сделать вывод, что применение теории массового обслуживания в военном деле может принести очень хорошие плюсы.

**К. С. Ставшая**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ**

### **ГИПОТЕЗ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЕВ СОГЛАСИЯ**

Решена задача о проверке статистических гипотез о виде закона распределения данных о грузообороте транспорта РБ за 2011-2012 гг., составивших выборку из 22 элементов. В качестве теоретических рассмотрены функции нормального и равномерного распределения. Параметры найдены по выборке с помощью методов теории оценивания: метода моментов (в случае нормального распределения) и метода максимального правдоподобия (для функции равномерного распределения). Проверка произведена с помощью критериев согласия: критериев

Колмогорова, Смирнова – Крамера – фон Мизеса, а также критерия Ватсона [1]. Для визуализации распределения исследуемых данных построена гистограмма.

Для проверки нулевой гипотезы о равенстве функций распределения с помощью критерия Колмогорова найдена максимальная по абсолютной величине разность соответствующих значений теоретической и эмпирической функций распределения для каждого элемента выборки. Полученная величина является статистикой (мерой отклонения) критерия Колмогорова.

Для критерия Смирнова – Крамера – фон Мизеса (критерий  $\omega^2$ ) также вычислено значение статистики. Необходимо заметить, что если теоретическая функция имеет параметры, рассчитанные по выборке, то нередко значение статистики получается меньшим, что приводит к ошибке второго рода.

Статистика критерия Ватсона легко выражается через значение статистики выше упомянутого критерия  $\omega^2$ .

С помощью приведённых критериев на различных уровнях значимости проверялись гипотезы о подчинении выборки законам нормального и равномерного распределения. Результаты получились разные и неоднозначные: на одинаковом уровне значимости два разных критерия приняли разные гипотезы. Необходимо сказать о том, что выборка состоит из небольшого количества элементов, что представляет трудность для точного определения подчинения данных какому-либо конкретному закону распределения. Для более точных результатов анализа необходимо исследовать выборки, имеющие в разы больший объём, чем рассмотренная.

## Литература

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

**И. С. Степаненко**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **АДАПТИВНЫЙ МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ. ДОБАВЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Постановка задачи статистического оценивания параметров заключается в следующем: по случайной выборке  $Y = (y_1, \dots, y_N)$  объема  $N$  из  $N$  – мерного распределения  $F(x; c)$ , определенной на вероятностном пространстве  $(\Omega, F, P_c)$ , требуется определить оценку  $c(N)$  неизвестного вектора параметров  $c \in \mathbb{R}^n$ .

Пусть случайная величин  $y$  связана с неизвестными параметрами  $c_k$ ,  $k = \overline{1, n}$  следующей линейной зависимостью:

$$y_t = \sum_{k=1}^n \varphi_{tk} c_k + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $y_t$  –  $t$  – выборочное значение,  $\varphi_{tk}$ ,  $t = \overline{1, N}$ ,  $k = \overline{1, n}$  – заданный набор чисел,  $\varepsilon_t$  – ненаблюдаемая случайная величина, для которой  $M\{\varepsilon_t\} = 0$ ,  $D\{\varepsilon_t\} = \sigma^2 < \infty$ . Задача состоит в нахождении неизвестных параметров  $c_1, \dots, c_n$ , по последовательности независимых наблюдений  $y_1, \dots, y_N$  ( $N \gg n$ ) вида (1).

В матричном виде (1) примет вид:

$$y(N) = \Phi(N)c + \varepsilon(N), \quad (2)$$

Для линейной модели (2), метод наименьших квадратов (МНК), для которого:

$$c(N) = \arg \min_c (y(N) - \Phi(N)c)^T (y(N) - \Phi(N)c), \quad (3)$$

в классе линейных несмещенных оценок строит оценки с наименьшими дисперсиями. В случае, когда матрица  $\Phi(N)$  имеет полный ранг, МНК – оценкой является следующая статистика:

$$c(N) = [\Phi^T(N)\Phi(N)]^{-1} \Phi^T(N)y(N) \equiv \Theta(N)\Phi^T(N)y(N), \quad (4)$$

Задача оценивания скалярного параметра сдвига  $c$  по наблюдениям  $y_t$ ,  $t = \overline{1, N}$  имеет вид  $y_t = c + \varepsilon_t$ , где  $M\{\varepsilon_t\} = 0$ ,  $M\{\varepsilon_t \varepsilon_\tau\} = 0$ ,  $t \neq \tau$ ,  $M\{\varepsilon_t^2\} = 1$ . Тогда используя тот факт, что МНК – оценка параметра сдвига совпадает с выборочным средним, и преобразуя оценку к эквивалентному виду, получим:

$$c(N) = c(N-1) + \frac{1}{N}(y_n - c(N-1)), \quad (5)$$

Если  $\text{rank}\Phi(N) = n$ , то оценка (3) может быть вычислена по формуле:

$$c(N) = c(N-1) + \gamma(N)(y_N - \varphi^T(N)c(N-1)),$$

$$\gamma(N) = \frac{\Theta(N-1)\varphi(N)}{1 + \varphi^T(N)\Theta(N-1)\varphi(N)}, \quad (6)$$

$$\Theta(N) = \Theta(N-1) + \gamma(N)\varphi^T(N)\Theta(N-1).$$

Матрица вариаций оценок, определяемая в виде  $H(N) = M\{(c(N) - c)(c(N) - c)^T\}$ , допускает рекуррентную процедуру вычисления:

$$H(N) = H(N-1) - \gamma(N)\varphi^T(N)H(N-1) = (I_n - \gamma(N)\varphi^T(N))H(N-1) \quad (7)$$

В основу начального этапа процедуры оценивания (6) положено несколько способов:

1. Использовать  $n$  наблюдений для того, чтобы с помощью нереккуррентного МНК определить начальную оценку  $c(n) = \Theta(n)\Phi^T(n)y(n)$ ,  $\Theta(n) = [\Phi^T(n)\Phi(n)]^{-1}$  и далее применять рекуррентный метод.

2. Использовать  $\Theta(0) = \alpha I_n$ , где  $\alpha$  – большое действительное число, а  $c(0)$  – выбирается произвольно, тогда  $\Theta^{-1}(n) = \Theta^{-1}(0) + \Phi^T(n)\Phi(n)$ ,  $c(n) = \Theta(n) [\Phi^T(n)y(n) + \Theta^{-1}(0)c(0)]$ . Если  $\Theta^{-1}(0) = \frac{1}{\alpha}I_n$  и  $\alpha \rightarrow \infty$ , то  $\Theta^{-1}(n) \rightarrow \Phi^T(n)\Phi(n)$ ,  $c(n) = \Theta(n)\Phi^T(n)y(n)$  и далее применять оценку (6), с первого наблюдения.

## Литература

1. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применения. М. Наука, 1968.
2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М. Мир, 1976
3. Эйкхоф П. Основы идентификации систем управления. М. Мир, 1975
4. Ли Р. Оптимальные оценки, определение характеристик и управление. М. Наука, 1966
5. Невельсон М.Б., Хасъминский Р.З. Стохастическая аппрокси-

Аналитические и численные методы исследования в математике  
Теория вероятностей и математическая статистика, теория массового обслуживания

---

мация и рекуррентное оценивание. М. Связь, 1976

6. Харин Ю.С. Статистическое оценивание параметров. Методические указания для студентов специальности – Прикладная математика. Ротапринт БГУ, Минск, 1982.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

**П. Б. Стоцко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОДНОФАКТОРНОЙ МОДЕЛИ ДОХОДНОСТИ**

Сущность портфельного инвестирования подразумевает распределение инвестиционного потенциала между различными группами активов. Ценную бумагу, которая была бы одновременно высокодоходной, высоконадежной и высоколиквидной, практически невозможно найти. Каждая отдельная бумага может обладать максимум двумя из этих качеств. В зависимости от того, какие цели и задачи изначально стоят при формировании того или иного портфеля, выбирается определенное процентное соотношение между различными типами активов, составляющими портфель инвестора. Грамотно учесть потребности инвестора и сформировать портфель активов, сочетающий в себе разумный риск и приемлемую доходность – основная задача менеджера любого финансового учреждения. Методы оптимального портфельного инвестирования основываются на подходе «доходность-риск», поэтому важной задачей является расчет таких характеристик инвестиционного портфеля, как ожидаемая доходность и риск.

Цель работы – нахождение основных характеристик инвестиционного портфеля. Рассмотрены акции предприятий «ОАО Лукойл», «ОАО НК Роснефть», «ОАО Сбербанк России» и индекс RTS за период с 09.11.2012 по 7.12.2012. На основе данных доходностей активов с помощью программы Mathcad 14.0 построены однофакторные модели зависимости доходности каждого актива от доходности индекса рынка. Проведён анализ адекватности построенных однофакторных моделей. С помощью построенных однофакторных моделей, были получены оценки ожидаемой доходности и предполагаемого риска инвестиционного портфеля ценных бумаг.

### **Литература**

1. Малюгин, В.И. Рынок ценных бумаг: количественные методы анализа / В.И. Малюгин – Мн.:БГУ, 2001. – 318 с.
2. Буренин, А.Н. Рынок ценных бумаг и производных финансовых инструментов / А.Н. Буренин. – М.: 1 Федеративная Книготорговая Компания, 1998. – 352 с.

3. Люю, Ю. – Д. Методы и алгоритмы финансовой математики / Ю. – Д. Люю. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 751 с.

**Сунь Тао, Ю. В. Малинковский**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**СЕТИ С МНОГОРЕЖИМНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ  
ОБСЛУЖИВАНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯМИ  
НА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ЗАЯВОК В УЗЛАХ**

Экспоненциальные сети с многорежимными стратегиями обслуживания изучены в работе [1]. Здесь этот результат обобщен на случай ограниченного времени пребывания заявок в узлах.

В сеть, состоящую из  $N$  однолинейных узлов, поступает пуассоновский поток заявок с параметром  $\lambda$ . Каждая заявка входного потока с вероятностью  $\pi_{ol}$  направляется в  $l$ -й узел. В  $l$ -м узле находится единственный прибор, который может работать в  $r_l + 1$  режимах. Состояние  $l$ -го узла характеризуется парой чисел  $x_l = (i_l, j_l)$ , где  $i_l$  – число заявок в  $l$ -м узле,  $j_l$  – номер режима, в котором работает прибор в  $l$ -м узле ( $l = 1, \dots, N, i_l = 0, \dots, r_l$ ). Длительность обслуживания прибором  $l$ -го узла, находящегося в состоянии  $x_l$ , имеет условное показательное распределение с параметром  $\mu_{x_l}(l)$ . Длительность пребывания заявки в  $l$ -м узле, находящегося в состоянии  $x_l$ , ограничена случайной величиной, имеющей условное показательное распределение с параметром  $\gamma_{x_l}(l)$ . Заявка, обслуженная в  $l$ -м узле, мгновенно с вероятностью  $\pi_{lj}$  направляется в  $j$ -й узел, а с вероятностью  $\pi_{l0}$  покидает сеть.. Назовем 0 основным режимом работы. Время пребывания в основном режиме работы имеет показательное распределение с параметром  $\nu_{i,0}(l)$ , после чего прибор переходит в режим 1. Для состояний  $x_l$ , у которых  $1 \leq j_l \leq r_l - 1$ , время пребывания в режиме  $j_l$  также имеет показательное распределение, при этом с интенсивностью  $\phi_{x_l}(l)$  прибор  $l$ -го узла переходит в режим  $j_l - 1$ , а с интенсивностью  $\nu_{x_l}(l)$  – в режим  $j_l + 1$ . Время пребывания в последнем  $r_l$ -м

режиме имеет показательное распределение с параметром  $\phi_{i,j}(l)$ , после чего прибор переходит в  $(r_i - 1)$ -й режим. Состояние сети в момент  $t$  будем характеризовать вектором  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))$ , где  $x_i(t)$  – состояние  $i$ -го узла в момент  $t$ .

Доказана теорема, аналогичная теореме работы [1], в которой надо только в ее формулировке заменить всюду  $\mu_{x_i}(l)$  на  $\mu_{x_i}(l) + \gamma_{x_i}(l)$ .

### Литература

1. Малинковский, Ю.В. Мультипликативность стационарного распределения в открытых сетях с многорежимными стратегиями обслуживания / Ю.В.Малинковский, А.Ю.Нусман // Весці НАНБ, Сер. фіз. – мат. навук, № 3 (2001), С. 129-134.

**Цзи Мяомяо**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТОЙ ТРЕХУЗЛОВОЙ СЕТИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ДВУМЯ ТИПАМИ ЗАЯВОК**

Рассматривается открытая сеть массового обслуживания, состоящая из трех узлов. В сеть поступают два пуассоновских независимых потока: заявок типа 1 с интенсивностью  $\lambda_1$  и заявок типа 2 с интенсивностью  $\lambda_2$ . Число мест для ожидания в каждом узле – неограниченное. В каждом узле формируются две очереди заявок первого и второго типа соответственно. Времена обслуживания в узлах не зависят от процесса поступления и имеют для заявок  $j$ -го типа в  $i$ -ом узле показательное распределение с параметром  $\mu_{ij}$ ,  $(i=1,3, j=1,2)$ . Заявки обслуживаются в порядке их поступления в узел. Заявки поступают в узлы сети извне и перемещаются по сети согласно неприводимой матрице маршрутов. Пусть  $n(t) = ((n_1(t), m_1(t)), (n_2(t), m_2(t)), (n_3(t), m_3(t)))$ , где – количество



заявок в  $i$  – ом узле типа 1,  $m_i(t)$  – количество заявок в  $i$  – ом узле типа 2 в момент времени  $t$ , тогда  $n(t)$  – марковский процесс со счетным пространством состояний

$$X = \left\{ n = ((n_1, m_1), (n_2, m_2), (n_3, m_3)), n_1, m_1, n_2, m_2, n_3, m_3 = \overline{0, \infty} \right\}.$$

Для исследования описанной сети использовались результаты для моделей ВСМР-сетей [1].

Для данной модели сети были составлены уравнения равновесия, составлены и решены уравнения трафика, найдено условие эргодичности, найдено стационарное распределение вероятностей состояний сети. Найдены некоторые числовые характеристики: среднее число заявок, среднее число заявок, ожидающих обслуживания, среднее время пребывания, среднее время ожидания обслуживания заявками в узлах и в сети.

### Литература

1. Baskett, F. Open, closed and mixed networks of queues with different classes of customers // Journ. of the Assoc. Comput. Mach./ F. Baskett, K.M. Chandy, R.R.Muntz, F.G. Palazios – 1975. – V. 22, № 2. – P. 248 – 260.

**Чжао Юе, Ю. В. Малинковский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СЕТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ГРУППОВЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ И ОБХОДАМИ СООБЩЕНИЙ О ФОРМИРОВАНИИ РАЗМЕРОВ ПОСТУПАЮЩИХ ГРУПП**

Сети массового обслуживания с групповыми перемещениями часто встречаются в приложениях. Например, знаки в сообщениях могут поступать и передаваться группами случайных размеров, образующих слова некоторого алфавита, программы, поступающие в вычислительный центр для обработки, могут приходиться в виде пакетов случайного размера и т.д. В [1] построены критерии мультипликативности и мультипликативности в специальной форме произведения смещенных геометрических вероятностей стационарного распределения состояний сети с групповыми перемещениями сообщений о формировании групп. Однако для существования равновесного режима в [1] требовалась сходи-

мость определенного числового ряда. Одним из способов преодоления этого ограничения является введение обходов сообщениями (см. [2]).

В сеть, состоящую из  $N$  узлов, поступают независимые стационарные пуассоновские потоки сообщений, с интенсивностью  $\lambda_i$  в  $i$ -й узел. Сообщение, направленное в  $i$ -й узел, мгновенно с вероятностью  $f_n^{(i)}$  присоединяется к этому узлу, а с вероятностью  $1 - f_n^{(i)}$  мгновенно обходит его и далее двигается в соответствии с матрицей маршрутизации сообщений. В остальном сохраняются предположения и обозначения работы [1]. Дисциплина обслуживания групп ассамблейно-трансферная (asstmble-transfer).

Обслуженная в  $i$ -м узле группа заявок мгновенно покидает сеть, посылая сообщение в  $j$ -й узел с вероятностью  $p_{ij}$ , а с вероятностью  $p_{i0}$  не посылая никаких сообщений ( $i, j = 0, \dots, N, \sum_{j=0}^N p_{ij} = 1$ ). В данной работе получены аналоги теорем 2 и 3 работы [1] для сетей с групповыми перемещениями и обходами сообщений, которые дают только достаточные условия мультипликативности стационарного распределения.

### Литература

1. Малинковский, Ю.В. Характеризация стационарного распределения сетей с групповыми перемещениями в форме произведения смещенных геометрических распределений / Ю.В.Малинковский, Е.В.Коробейникова // Автоматика и телемеханика
2. Малинковский, Ю.В. Мультипликативность стационарного распределения в открытых сетях с многорежимными стратегиями обслуживания / Ю.В.Малинковский, А.Ю.Нуеман // Весці НАНБ, Сер. фіз. – мат. навук, № 3 (2001), С. 129-134.

**М. Н. Чижик**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ТРЕНДА  
В СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ  
ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В ходе решения целого ряда задач, связанных с анализом временных рядов, возникает проблема выявления наличия трендовой составляющей. Тренд – тенденция изменения показателей временного ряда. В математической статистике для установления факта наличия трендовой систематической составляющей используются специальные непараметрические критерии – критерии тренда.

В работе проводится анализ показателей численности населения Республики Беларусь за период 2001-2012 гг. на наличие тренда с помощью критериев Аббе-Линника и Фостера-Стьюарта. Кроме того, был рассмотрен критерий обнаружения сдвига дисперсии в неизвестной точке – критерий Хсу. Данные численности населения приведены в таблице 1:

**Таблица 1 – Численность населения РБ в 2001-2012 гг, тыс. чел.**

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
9956	9900	9831	9763	9698	9630	9579	9542	9514	9500	9481	9465

С помощью критерия Аббе-Линника проверяется гипотеза о том, что все выборочные значения принадлежат одной генеральной совокупности. Применяя критерий Аббе-Линника к показателям численности населения с доверительной вероятностью 0,95, можно сделать заключение, что прослеживается тенденция к уменьшению.

Критерий Фостера-Стьюарта используется для проверки тренда как средних, так и дисперсий. При применении критерия Фостера-Стьюарта к показателям численности населения, с доверительной вероятностью 0,95 гипотеза отсутствия тренда отклоняется.

Критерием Хсу проверяется гипотеза о неизменности дисперсии в выборке против альтернативы, утверждающей, что значение дисперсии меняется в неизвестной точке. При анализе численности населения Республики Беларусь с помощью критерия Хсу, гипотеза о неизменности дисперсии в выборке отклоняется в пользу альтернативы изменения дисперсии ряда.

## Литература

1. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для

инженеров и научных работников: научное издание /А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 814 с.

**Чэн Ифань, Ю. В. Малинковский**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **СЕТИ С МНОГОРЕЖИМНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ОБХОДАМИ УЗЛОВ ЗАЯВКАМИ**

Экспоненциальные сети с многорежимными стратегиями обслуживания изучены в работе [1]. Здесь этот результат обобщен на случай обходов узлов заявками.

В сеть, состоящую из  $N$  однолинейных узлов, поступает пуассоновский поток заявок с параметром  $\lambda$ . Каждая заявка входного потока с вероятностью  $\pi_{ol}$  направляется в  $l$ -й узел. В  $l$ -м узле находится единственный прибор, который может работать в  $r_l + 1$  режимах. Состояние  $l$ -го узла характеризуется парой чисел  $x_l = (i_l, j_l)$ , где  $i_l$  – число заявок в  $l$ -м узле,  $j_l$  – номер режима, в котором работает прибор в  $l$ -м узле ( $l = 1, \dots, N, l = 0, \dots, r_l$ ). Заявка, направленная в  $l$ -й узел, мгновенно с вероятностью  $f_{x_l}^{(l)}$  присоединяется к этому узлу, а с вероятностью  $1 - f_{x_l}^{(l)}$  мгновенно обходит его и далее движется в соответствии с матрицей маршрутизации. Длительность обслуживания прибором  $l$ -го узла, находящегося в состоянии  $x_l$ , имеет условное показательное распределение с параметром  $\mu_{x_l}(l)$ . Заявка, обслуженная в  $l$ -м узле, мгновенно с вероятностью  $\pi_{lj}$  направляется в  $j$ -й узел, а с вероятностью  $\pi_{l0}$  покидает сеть. Назовем 0 основным режимом работы. Время пребывания в основном режиме работы имеет показательное распределение с параметром  $\nu_{i_l,0}(l)$ , после чего прибор переходит в режим 1. Для состояний  $x_l$ , у которых  $1 \leq j_l \leq r_l - 1$ , время пребывания в режиме  $j_l$  также имеет показательное распределение, при этом с интенсивностью  $\phi_{x_l}(l)$  прибор  $l$ -го узла переходит в режим  $j_l - 1$ , а с интенсивностью  $\nu_{x_l}(l)$  – в режим  $j_l + 1$ . Время пребывания в послед-

нем  $r_l$ -м режиме имеет показательное распределение с параметром  $\phi_{i,j_l}(l)$ , после чего прибор переходит в  $(r_l - 1)$ -й режим. Состояние сети в момент  $t$  будем характеризовать вектором  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))$ , где  $x_l(t)$  – состояние  $l$ -го узла в момент  $t$ .

Доказана теорема, аналогичная теореме работы [1], в которой надо только в ее формулировке заменить всюду  $\lambda \varepsilon_l$  на  $\lambda \varepsilon_l f_{x_l}^{(l)}$ .

### Литература

1. Малинковский, Ю.В. Мультипликативность стационарного распределения в открытых сетях с многорежимными стратегиями обслуживания / Ю.В.Малинковский, А.Ю.Нуеман // Весці НАНБ, Сер. фіз. – мат. навук, № 3 (2001), С. 129-134.

**М. С. Якимец, М. А. Матальцкий**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ В НЕКОТОРЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

Медицина является той отраслью, в которой случайность оказывает огромное влияние на работу её объектов. Часто при этом возникают следующие вопросы: в состоянии ли обслуживать существующая система данную популяцию пациентов; каким образом можно изменить систему, чтобы она могла удовлетворять их потребности, и на её содержание уходило минимальное количество ресурсов. Прилагаются стохастические модели обслуживания пациентов в медицинских учреждениях, используя сети МО с однотипными и разнотипными заявками. Результаты применены при анализе модели взаимодействия диспансеров и Гродненской областной клинической больницы, а также при моделировании процессов обслуживания пациентов в Скидельской городской больнице.

Решались следующие оптимизационные задачи в стационарном и нестационарном режимах:

$$\left\{ \begin{array}{l} W(m) = W(m_1, m_2, \dots, m_n) = \sum_{i=1}^n (d_i N_i(m_i) + E_i m_i) \rightarrow \min_{m_1, m_2, \dots, m_n}, \\ m_i \leq a_i, i = \overline{1, n}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $n$  – число систем обслуживания в сети (отделений в больнице),  $d_i$  – затраты на содержание одной заявки в  $i$ -ой СМО (затраты на пребывание одного пациента в очереди и на обслуживании), а  $E_i$  – затраты на содержание одной линии обслуживания в  $i$ -ой СМО (зарботная плата врача, затраты на оборудование, на котором работает врач и др.),  $i = \overline{1, n}$ ,  $m_i$  – число линий обслуживания в  $i$ -той СМО,  $N_i = N_i(m_1, \dots, m_n)$  – среднее число заявок в  $i$ -той СМО, а  $a_i$  – некоторые заданные числа,  $i = \overline{1, n}$ ;

$$\left\{ \begin{array}{l} W(T) = W(T, n(t)) = \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \sum_{i=1}^n (d_i N_i(t) + E_i m_i) \right] dt \rightarrow \min_{m_i, i=\overline{1, n-1}}, \\ N_i(t) \leq m_i, i = \overline{1, n-1}, \\ N_n(t) \leq 1, t \in [0, T], \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $N_i(t)$  – среднее относительное число заявок в системе  $S_i$  в момент времени  $t$ ,  $i = \overline{1, n}$ .



## АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

*Алгебра и геометрия*

**А. А. Атвиновский, А. Р. Миротин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)  
**ОБ ОБРАТИМОСТИ ОПЕРАТОРОВ,  
ВОЗНИКАЮЩИХ В  $R_b$ -ИСЧИСЛЕНИИ**

В докладе решается задача обращения одного класса операторов в банаховом пространстве.

**Определение 1.** Пусть  $X$  – банахово пространство над полем  $S$ . Будем говорить, что замкнутый плотно определённый оператор  $A$  в  $X$  принадлежит классу  $V_b(X)$ , если  $\sigma(A) \cap [0, b] \subseteq \{b\}$  и для некоторого  $M > 0$  имеем

$$\|(tI - A)^{-1}\| \leq \frac{M}{b-t}, t \in [0, b).$$

**Определение 2.** Класс  $R_b$  состоит из функций  $g \in R[0, b]$ , непрерывных в точке  $b$ .

Функцию  $g \in R_b$  можно единственным образом представить в виде

$$g(z) = \int_0^b \frac{d\tau(t)}{t-z}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – конечная мера, и интеграл сходится при  $z = b$ .

**Определение 3** Пусть функция  $g \in R_b$  имеет интегральное представление (1),  $A \in V_b(X)$ . Определим оператор  $g(A)$  формулой

$$g(A) := \int_0^b (tI - A)^{-1} d\tau(t).$$

**Определение 4.** Пусть  $b > 0$ . Положим  $Q_b := \{\phi \mid \phi = 1/g, g \in R_b\}$ .

**Лемма 5.** Для того чтобы функция  $\phi$  принадлежала классу  $Q_b$ , необходимо и достаточно, чтобы её можно было представить в виде

$$\phi(z) = \alpha + \beta z - h(z), \quad (2)$$

где  $h \in R_b$ , интеграл, представляющий  $h(0)$  по формуле (1), сходится и

$$\begin{cases} \alpha - h(0) \geq 0 \\ \alpha + \beta b - h(b) \leq 0 \\ \beta < 0. \end{cases}$$

**Определение 6.** Пусть  $A \in V_b(X)$ . Для функции  $\phi \in Q[0, b]$  вида (2) положим

$$\phi(A) := \alpha + \beta A - h(A),$$

где  $h(A)$  понимается в смысле определения (1) ( $D(\phi(A)) = D(A)$ ).

**Теорема 7.** Для любых  $g \in R_b$  и  $A \in V_b(X)$  оператор  $g(A)$  имеет левый обратный  $g(A)^{-1} = \phi(A)$ , где  $\phi = 1/g$ , а правая часть понимается в смысле  $Q_b$ -исчисления.

**В. А. Васильев**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ОБ ОДНОМ КРИТЕРИИ S-ПЕРЕСТАНОВОЧНОСТИ ПОДГРУПП КОНЕЧНЫХ ГРУПП

Рассматриваются только конечные группы. Напомним, подгруппы  $A$  и  $B$  группы  $G$  называются квазинормальными или перестановочными, если  $AB=BA$ . Подгруппа  $A$  называется  $S$ -квазинормальной или  $S$ -перестановочной в  $G$ , если она перестановочна со всеми силовскими подгруппами из  $G$ .  $S$ -перестановочные подгруппы играют важную роль в современных исследованиях и поэтому изучение их свойств является важной задачей в теории конечных групп. В работе Кегеля [1] были найдены различные критерии  $S$ -перестановочности субнормальных подгрупп. Нами найден новый критерий  $S$ -перестановочности на основе следующего определения.

**Определение.** В решетке  $L(G)$  всех подгрупп группы  $G$  подгруппа  $M \leq G$  называется  $P$ -модулярной подгруппой группы  $G$ , если

(1)  $Z \cap \langle P, M \rangle = \langle P, Z \cap M \rangle$  для всех  $P \in \text{Syl}(G)$ ,  $P \leq Z$  и  $Z \leq G$ , и



(2)  $Z \cap \langle M, Q \rangle = \langle M, Z \cap Q \rangle$  для всех  $Q \in \text{Syl}(G)$  и  $Z \leq G$  с  $M \leq Z$ .

Получена следующая теорема.

**Теорема.** Подгруппа  $M$  группы  $G$  является  $S$ -перестановочной тогда и только тогда, когда  $M$  является  $P$ -модулярной и субнормальной подгруппой в  $G$ .

**Следствие[2].** Подгруппа  $M$  группы  $G$  является перестановочной тогда и только тогда, когда  $M$  является субнормальной и модулярной подгруппой в  $G$ .

### Литература

1. Kegel, O.H. Sylow Gruppen und Subnormalteiler endlicher Gruppen / O.H. Kegel // Math. Z., 1962. – Vol. 78. – S. 205-221.
2. Schmidt, R. Subgroup Lattices of Groups / R. Schmidt. – Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1994. – 572 p.

А. С. Вегера

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### О МЕТАНИЛЬПОТЕНТНЫХ КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ С $K$ - $F$ -СУБНОРМАЛЬНЫМИ СИЛОВСКИМИ ПОДГРУППАМИ

В работе рассматриваются только конечные группы. Свойства вложения силовских подгрупп в группу позволяют во многих случаях установить структуру самой группы. В работе [1] было начато рассмотрение следующей проблемы. Пусть  $F$  – формация. Что можно сказать о структуре группы  $G$ , если все ее силовские подгруппы  $F$ -субнормальны в  $G$ ? В [2] были продолжены исследования по данной проблеме. В 1978 году О. Кегель [3] ввел понятие  $F$ -достижимой подгруппы в конечной группе.

**Определение 1 [4].** Подгруппа  $U$  группы  $G$  называется  $K$ - $F$ -субнормальной ( $F$ -достижимой [3]) в  $G$  если существует цепь подгрупп:  $U = U_0 \leq U_1 \leq \dots \leq U_n = G$  такая, что либо  $U_{i-1} \triangleleft U_i$ , либо  $U_i^F \subseteq U_{i-1}$ , для  $i=1, \dots, n$ . Обозначается:  $U$   $K$ - $F$ -sn  $G$ .

**Определение 2.** Группа  $G$  называется метанильпотентной, если существует подгруппа  $N \triangleleft G$  такая, что  $N$  и  $G/N$  являются нильпотентными группами.

**Определение 3.** Пусть  $F$  – непустая формация. Класс групп  $\bar{w}F$  определяется следующим образом:  $\bar{w}F = (G \mid \forall H \in \text{Syl}(G): U \text{ K } F \text{ -sn } G)$ .

**Теорема.** Пусть  $X$  – наследственная насыщенная формация. Тогда следующие утверждения эквивалентны:

- 1) для любой наследственной насыщенной формации  $F$  выполняется равенство  $\bar{w}F \cap X = F \cap X$ ;
- 2) для любой насыщенной формации  $F$ , состоящей из метанильпотентных групп, выполняется равенство  $\bar{w}F \cap X = F \cap X$ ;
- 3) формация  $X$  состоит из метанильпотентных групп.

### Литература

1. Васильев, А.Ф. О влиянии примарных  $F$ -субнормальных подгрупп на строение группы / А.Ф. Васильев // Вопросы алгебры. – 1995. – Вып. 8. – С. 31-39.
2. Васильев, А.Ф. О конечных группах с обобщенно субнормальными силовскими подгруппами / А.Ф. Васильев, Т.И. Васильева // Проблемы физики, математики и техники. – 2011. – № 4 (9). – С. 86-91.
3. Kegel, O.H. Untergruppenverbände endlicher Gruppen, die Subnormalteilerverband echt enthalten / O. H. Kegel // Arch. Math. – 1978. – Bd. 30, № 3. – S. 225 – 228.
4. Ballester-Bolinches A. Classes of Finite Groups / A. Ballester-Bolinches, L.M. Ezquerro. – Springer, 2006. – 385 p.

**В. Ф. Велесницкий, В. Н. Семенчук**

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ С ОБОБЩЕННО СУБНОРМАЛЬНЫМИ КРИТИЧЕСКИМИ ПОДГРУППАМИ

В работе [1] Семенчуком В.Н. было начато изучение строения конечных групп, у которых группы Шмидта субнормальны. Дальнейшее исследование было продолжено Княгиной В.Н., Монаховым В.С. [2]. Полное описание таких групп было получено Ведерниковым В.А. [3]. В теории классов конечных групп естественным обобщением понятия субнормальности является понятие  $F$ -достижимости.

При изучении строения конечных групп, у которых любая минимальная не  $F$ -подгруппа  $F$ -достижима ( $F$  – насыщенная наслед-

ственная формация с решеточным свойством), были получены следующие результаты.

**Теорема 1.** Пусть  $F$  – непустая насыщенная наследственная формация с решеточным свойством. Если все минимальные не  $F$ -подгруппы группы  $G$  разрешимы и  $F$ -достижимы в  $G$ , то  $G \in NF$ .

**Следствие 1.1.** Если в группе  $G$  все подгруппы Шмидта субнормальны, то  $G$  – метанильпотентна.

**Следствие 1.2.** Если в группе  $G$  все минимальные не  $F$ -группы  $F$ -достижимы ( $F$  – класс всех  $p$ -разложимых групп), то  $G/F(G)$  –  $p$ -разложима.

**Теорема 2.** Пусть  $F$  – непустая насыщенная наследственная формация с решеточным свойством и  $\pi(F)$  – множество всех простых чисел. Если в любой группе  $G$  все подгруппы Шмидта  $F$ -достижимы, то  $G/F(G) \in F$ .

### Литература

1. Семенчук, В.Н. Конечные группы с системой минимальных не  $F$ -подгрупп / В.Н. Семенчук // Подгрупповое строение конечных групп. – Минск: Наука и техника. – 1981. – С. 138 – 149
2. Княгина, В.Н. О конечных группах с некоторыми субнормальными подгруппами Шмидта / В.Н. Княгина, В.С. Монахов // Сибирский матем. журн. – 2004. – Т. 45, № 6. – С. 1316 – 1322
3. Ведерников, В.А. Конечные группы с субнормальными подгруппами Шмидта / В.А. Ведерников // Алгебра и логика. – 2007. – Т. 46, № 6. – С. 669 – 687

**В. Ю. Гавриш**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ВЫЧИСЛЕНИЕ МАТРИЧНОГО ЭЛЕМЕНТА РАСПАДА ПСЕВДОСКАЛЯРНОГО МЕЗОНА МЕТОДОМ БАЗИСНЫХ СПИНОРОВ

#### Введение

В рамках Стандартной Модели теоретический результат наиболее расходитя с экспериментальными данными для псевдоскалярных мезонов ( $\pi^0, \pi^\pm$ ), поэтому внедрение новых методов расчёта для вычис-

ления матричных элементов распадов является актуальным вопросом в физике элементарных частиц. В данной работе продемонстрируем один из возможных методов расчёта матричных элементов распада частиц – метод базисных спиноров [1].

**Вычисление матричного элемента процесса**  
 $\pi^-(p) \rightarrow \mu^-(k)\bar{\nu}_\mu(k')$

Матричный элемент данного процесса имеет вид:

$$\langle f | S - 1 | i \rangle = \frac{G}{\sqrt{2}} f_\pi N_p N_k N_{k'} \bar{u}_\lambda(k', 0)(1 - \gamma^5) u_\lambda(-k, m_\mu) (2\pi)^4 \delta(k + k' - p). \quad (1)$$

Используя разложение спиноров Дирака по базисным спинорам для BDKS-состояний [1]

$$u_\lambda^A(p, m) = \frac{(\hat{p} + Am)}{\sqrt{(p \cdot \tilde{b}_{-1})}} u_{-A, \lambda}(\tilde{b}_{-1}) \quad (2)$$

и выражение для действия матрицы Дирака на безмассовый базисный спинор

$$\gamma^\mu u_\lambda(b_A) = \tilde{b}_A^\mu u_{-\lambda}(b_A) - A \tilde{n}_{-A} u_{-\lambda}(b_A), \quad (3)$$

где

$$\tilde{b}_A^\mu = (1, 0, 0, A), \quad \tilde{n}_{-A} = (0, 1, iA, 0) \quad (4)$$

преобразуем спинорную часть выражения (1):

$$\bar{u}(k', 0)(1 - \gamma^5) u(-k, m_\mu) = \sum_{\lambda_k, \lambda_{k'}} \frac{2\delta_{1, \lambda_k}}{\sqrt{(k \cdot \tilde{b}_{-1})(k' \cdot \tilde{b}_{-1})}} \times \\ \times (\delta_{\lambda_k, \lambda_{k'}} (k' \cdot \tilde{b}_{-1})(k \cdot \tilde{n}_{\lambda_k}) - (k' \cdot \tilde{n}_{\lambda_k})(k \cdot \tilde{b}_{-1}) - m_\mu \delta_{\lambda_k, \lambda_{k'}} (k' \cdot \tilde{b}_{-1})). \quad (5)$$

Вычисляя матричный элемент (4) в системе покоя пиона, суммируя по спиральностям конечных частиц получаем выражение:

$$\bar{u}(k', 0)(1 - \gamma^5) u(-k, m_\mu) = -2\sqrt{(M_\pi - m_\mu)(M_\pi + m_\mu)} \quad (6)$$

и подставляя данное выражение в общую формулу для вычисления ширины распада

$$d\Gamma = \frac{1}{2M} \frac{|\langle f | S - 1 | i \rangle|^2}{\rho} \int \frac{d^3 k_1}{(2\pi)^3} \frac{d^3 k_2}{(2\pi)^3} \delta(p - (k_1 + k_2)) \quad (7)$$

получаем выражение [2]:

$$d\Gamma = \frac{G^2}{32\pi^2} f_\pi^2 U_{ud}^2 m_\mu^2 M_\pi \left( 1 - \frac{m_\mu^2}{M_\pi^2} \right) d\Omega, \quad (8)$$

где  $f_\pi$  – константа распада пиона, а  $U_{ud}$  – элемент матрицы Кабаяши-Маскава.

### Заключение

Полученное выражение (8) совпадает с выражениями, вычисленными в книге [2] стандартными (шпуровыми) методами, что подтверждает правильность расчёта методом базисных спиноров. Отметим, что данный результат можно получить и для произвольного вектора поляризации фермиона, так как конечный результат получается путём суммирования по спиральностям конечных частиц.

### Литература

1. Андреев В. В. Пуанкаре-ковариантные модели двухчастичных систем с квантовополевыми потенциалами: монография / В.В. Андреев; М-во образования РЮ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. – 294 с.
2. Биленький, С.М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия / С.М. Биленький. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 327 с.

**Д. В. Грицук**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **О $\pi$ -РАЗРЕШИМЫХ ГРУППАХ С НИЛЬПОТЕНТНЫМ ОБОБЩЕННЫМ КОММУТАНТОМ**

Рассматриваются только конечные группы. Все используемые понятия и обозначения соответствуют [1].

Обобщенным коммутантом группы  $G$  называется наименьшая нормальная подгруппа  $N$  группы  $G$  такая, что  $G/N$  является группой с абелевыми силовскими подгруппами. Очевидно, что обобщенный коммутант совпадает с А-корадикалом группы  $G$ , где А – класс всех разрешимых групп с абелевыми силовскими подгруппами.

Пусть  $G$  –  $\pi$ -разрешимая группа. Тогда она обладает субнормальным рядом  $G = G_0 \supseteq G_1 \supseteq G_2 \supseteq \dots \supseteq G_{n-1} \supseteq G_n = 1$ , факторы

$G_{i-1}/G_i$  которого являются либо  $\pi'$ -группами, либо абелевыми  $\pi$ -группами. Наименьшее число абелевых  $\pi$ -факторов среди всех таких субнормальных рядов группы  $G$  называется производной  $\pi$ -длиной  $\pi$ -разрешимой группы  $G$  и обозначается через  $l_\pi^a(G)$ . Ясно, что в случае, когда  $\pi = \pi(G)$  значение  $l_\pi^a(G)$  совпадает со значением производной длины группы  $G$ . Начальные свойства производной  $\pi$ -длины установлены в работе [2].

В дальнейшем, рассматривая  $\pi$ -разрешимую группу  $G$ , условимся считать, что  $\pi \subseteq \pi(G)$ . Доказана следующая теорема.

**Теорема.** Пусть  $G$  –  $\pi$ -разрешимая группа, у которой обобщенный коммутант  $\pi$ -холловой подгруппы нильпотентен. Тогда

$$l_\pi^a(G) \leq |\pi(G_\pi)| - 1 + \max_{p \in \pi} l_p^a(G).$$

Группой Шмидта называют конечную ненильпотентную группу, все собственные подгруппы которой нильпотентны. Группой Миллера-Морена называют наименьшую неабелеву группу. Ненильпотентные группы Миллера-Морена являются частным случаем групп Шмидта.

*Следствие 1.* Пусть  $G$  –  $\pi$ -разрешимая группа, у которой  $\pi$ -холлова подгруппа является группой Шмидта. Тогда  $l_\pi^a(G) \leq 3$ .

*Следствие 2.* Если  $G$  –  $\pi$ -разрешимая группа и ее  $\pi$ -холлова подгруппа является непримарной группой Миллера-Морено, то  $l_\pi^a(G) \leq 3$ .

### Литература

1. Монахов, В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В.С. Монахов. – Минск, Вышэйшая школа. – 2006.
2. Грицук, Д.В. О производной  $\pi$ -длине  $\pi$ -разрешимых группы / Д.В. Грицук, В.С. Монахов, О.А. Шпырко // Вестник БГУ. Серия 1. – 2012. – № 3. – С. 90 – 95.

**Д. И. Кирилюк**

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ОБ $n$ -АРНОМ АНАЛОГЕ АФФИННОЙ ТЕОРЕМЫ ДЕЗАРГА

Одним из первых, кто занимался приложениями тернарных (3-арных) групп в аффинной геометрии, был Д. Вакарелов [1], в частности им был получен тернарный аналог аффинной теоремы Дезарга. В дальнейшем С.А. Русаковым и Ю.И. Кулаженко были построены на  $n$ -

арной группе ( $n \geq 2$ ) и исследовались различные объекты аффинной геометрии [2, 3]. На основе этих исследований и получен представляемый результат. Эта теорема является  $n$ -арным аналогом обобщенной аффинной теоремы Дезарга, приведенной в [4, стр.35].

Напомним, что универсальную алгебру  $\langle G, () \rangle$  с одной  $n$ -арной операцией  $() : G^n \rightarrow G$  ( $n \geq 2$ ) называют  $n$ -арной группой, если выполняются следующие условия:

1) операция  $()$  ассоциативна на  $G$ , т.е.

$$((a_1 \dots a_n) a_{n+1} \dots a_{2n-1}) = (a_1 \dots a_i (a_{i+1} \dots a_{i+n}) a_{i+n+1} \dots a_{2n-1})$$

для всех  $i = 1 \dots n$  и для всех  $a_1, a_2, \dots, a_{2n-1} \in G$ .

2) каждое из уравнений  $(a_1 \dots a_{i-1} x_i a_{i+1} \dots a_n) = b$  имеет единственное решение в  $G$  для всех  $i = 1 \dots n$  и для всех  $a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n, b \in G$ .

Символ  $Q^{(r)}$ , используемый в теореме, означает следующее

$$Q^{(r)} = \left\{ \frac{m}{r^t} \mid m \in \mathbb{Z}, t \in \mathbb{N} \right\}$$

Другие используемые понятия и обозначения можно найти в [2]

**Теорема.** Пусть  $\langle a, b, c \rangle$ ,  $\langle a_1, b_1, c_1 \rangle$  – произвольные треугольники полуабелевой  $n$ -арной группы  $G$ ,  $t_1, t_2, t_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda \in Q^{(r)}$  и не равны 0. Если существует точка  $a_0 \in G$  такая, что

$$\begin{cases} \overline{a_0 a} = t_1 \overline{a_0 a_1} \\ \overline{a_0 b} = t_2 \overline{a_0 b_1} \\ \overline{a_0 c} = t_3 \overline{a_0 c_1} \end{cases} \text{ и выполняются } \begin{cases} \overline{ab} = \lambda_1 \overline{a_1 b_1} \\ \overline{ac} = \lambda_2 \overline{a_1 c_1} \end{cases},$$

то  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$  и  $\overline{bc} = \lambda \overline{b_1 c_1}$ .

### Литература

1. Вакарелов Д. Тернарни групи/ Д.Вакарелов// Годишник Софийск. ун-та. Мат.фак. – 1966-1968. – Т.61. – С.71-105.
2. Русаков, С. А. Некоторые приложения теории  $n$ -арных групп / С. А. Русаков. – Минск : Беларуская навука, 1998. – 182 с.
3. Kulazhenko Yu. I. Geometry of semiabelian  $n$ -ary groups / Yu. I. Kulazhenko // Quasigroups and Related Systems. – 2011. Vol. 19. – P. 265 – 278.
4. Комиссарук, А. М. Аффинная геометрия / А. М. Комиссарук. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 336с.

**И. С. Ковалева**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ТЕОРЕМА О СВЕРТКЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТИЛТЬЕСА НАД ПОЛУГРУППОЙ $Z_+$

В данной работе устанавливается теорема о свертке для преобразования Стильтьеса над полугруппой  $Z_+$  неотрицательных целых чисел, введенного в [1].

**Определение.** Преобразованием Стильтьеса над  $Z_+$  функции  $f$ , определенной и измеримой на  $[0, 1]$ , называется функция, определяемая соотношением

$$S_1 f(x) = \int_0^1 \frac{f(t)}{1-tx} dt.$$

Оператор  $S_1$  называется преобразованием Стильтьеса над  $Z_+$ .

Пусть функции  $f$  и  $g$  определены на отрезке  $[0, 1]$ .

Определим функцию  $h$  на  $[0, 1]$  следующим образом:

$$h(x) = (f \bullet g)(t) := tf(t) \int_0^1 \frac{g(u)}{t-u} du + tg(t) \int_0^1 \frac{f(u)}{t-u} du, \quad (1)$$

где интегралы, если они существуют, понимаются в смысле главного значения по Коши.

**Теорема.** Пусть  $f \in L^p[0, 1]$  и  $g \in L^q[0, 1]$ , где  $1 < p < \infty$ ;  $1 < q < \infty$  и  $\frac{1}{r} := \frac{1}{p} + \frac{1}{q} < 1$ . Тогда функция  $h$ , определяемая формулой (1), принадлежит  $L^r[0, 1]$ , и ее преобразование Стильтьеса удовлетворяет следующему равенству:

$$S_1 h(s) := S_1(f \bullet g)(s) = S_1 f(s) S_1 g(s).$$

### Литература

1. Миротин, А. Р. Гармонический анализ на абелевых полугруппах / А. Р. Миротин. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. – 207 с.
2. Srivastava, H.M., A new convolution theorem for the Stieltjes transform and application to class of singular integral equations / H.M. Srivastava, Vu Kim Tuan // Archiv der Mathematik. – 1995. – Vol. 64, № 2. – P. 144 – 149.



**Н. В. Кондратёнок, М. М. Васьковский**  
(гимназия №41 им. Серебряного В.Х., Минск)  
**ЦЕПНЫЕ ДРОБИ В ЕВКЛИДОВЫХ КОЛЬЦАХ**

Теория цепных дробей была систематически и глубоко разработана в работах Эйлера и Лагранжа 18 века. Цепные дроби играют важную роль в теории диофантовых приближений.

Хорошо известно, что каждое рациональное число единственным образом разлагается в конечную цепную дробь. Но если рассматривать цепные дроби с целыми членами, то рациональное число можно записать многими различными способами в виде конечной цепной дроби.

Основная задача настоящей работы – нахождение необходимых и достаточных условий, при которых заданное рациональное число  $a$  можно разложить в обобщённую цепную дробь, имеющую длину, не превосходящую заданного натурального числа  $k$ .

Поскольку интерес представляют обобщённые цепные дроби, не имеющие «фиктивных» нулевых членов, то важным представляется исследование вопроса о том, имеются ли среди разложений заданного числа в обобщённую цепную дробь заданной длины  $k$  разложения без нулевых членов. Такие разложения называются невырожденными. В настоящей работе получены достаточные условия существования невырожденных разложений.

В настоящей работе исследованы конечные цепные дроби в различных евклидовых кольцах. Получены критерии представимости заданного элемента из поля частных евклидова кольца в виде цепной дроби с длиной, не превосходящей заданного числа. Указана длина кратчайшей цепной дроби для заданного элемента из поля частных и найден способ разложения элемента в кратчайшую цепную дробь.

По результатам исследований были получены следующие основные результаты для цепных дробей в евклидовых кольцах: кольцо целых чисел и кольцо многочленов:

- 1) доказаны критерии существования разложения элемента поля частных евклидова кольца в конечную цепную дробь длины, не превосходящей заданного числа;
- 2) исследовано существование невырожденных разложений в цепную дробь фиксированной длины;
- 3) найдены оценки и точные формулы для длины кратчайшей цепной дроби для заданного элемента поля частных кольца;

- 4) получен способ нахождения одного из кратчайших разложений.
- 5) для случая кольца целых чисел указаны в явном виде элементы, представимые в виде цепной дроби длины, не превосходящей четырёх.

**Л. Г. Крыштапенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ КОРРЕКЦИИ ПО ТЕМЕ «ТРИГОНОМЕТРИЯ»**

Тестирование на первом курсе математического факультета, показало, что знания студентов по школьному курсу тригонометрии фрагментарны, изобилуют пробелами, а представления о связях между фактами практически отсутствуют. Поэтому программа коррекции должна теперь содержать связное изложение почти всего курса тригонометрии. При ограниченном ресурсе времени для решения этой задачи требуется тщательный отбор материала и его структурирование для последующего использования информационных технологий. В экспериментальной работе была построена и испытана следующая схема локального упорядочения материала для проведения «точечных» корректирующих мероприятий.

Первый микромодуль базируется на вычислительном эксперименте по проверке независимости определения синуса угла от выбора прямоугольного треугольника. Установка на минимизацию объема вычислений приводит к представлению о числовой окружности как о «геометрическом калькуляторе» для вычисления значений этой функции. Второй микромодуль базируется на широком использовании числовой окружности – для введения тригонометрических функций произвольного аргумента, для установления ряда их свойств (непрерывность, возрастание, периодичность), для быстрого введения обратных тригонометрических функций и для решения простейших тригонометрических уравнений. Этот модуль задает короткий путь к ряду базовых понятий тригонометрии, его успешное освоение должно изменить самооценку студентов и их мотивацию к изучению другого материала. Аналогичная схема упорядочения материала представлена в учебнике «Алгебра 10» [1]. Основное задание третьего блока – вывести все тригонометрические формулы из четырех формул для косинуса и синуса от суммы и разности двух углов. Выполнение этого задания демонстрирует студентам явные преимущества отказа от формального под-

хода к изучению математики и призвано дать импульс соответствующей перестройке их учебной деятельности. В заключительном блоке минимальной по объему корректирующей программы рассматривается вывод названных четырех формул. Внутренняя структура этого блока является более сложной, чем в предыдущих случаях, и требует отдельного описания.

### Литература

1. Алгебра и начала математического анализа. 10 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений : базовый и профил. уровни / С. М. Никольский, М. К. Потапов, Н. Н. Решетников, А. В. Шевкин. – 8-е изд. – М. : Просвещение, 2009. – 430 с.

**Ю. С. Кушаева, В. В. Аниськов**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ НЕПРИВОДИМЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ ЗАДАННОГО ДЕФЕКТА

Рассматриваются только конечные группы. Определения и обозначения, используемые в данной работе стандартны и при необходимости их можно найти в [1-2]. В данной работе мы продолжаем свои исследования, начатые в работах [3-4].

Локальная формация  $\Phi$  называется приводимой, если она может быть представлена в виде объединения своих собственных локальных подформаций в решетке локальных формаций и неприводимой в противном случае.

**Теорема 1.** Тогда и только тогда локальная формация  $\Phi$  является неприводимой локальной формацией  $\pi$ -разложимого дефекта 1, когда в ней содержится ровно одна неприводимая не  $\pi$ -разложимая локальная подформация.

**Теорема 2.** Тогда и только тогда локальная формация  $\Phi$  является неприводимой локальной формацией  $\pi$ -нильпотентного дефекта 1, когда в ней содержится ровно одна неприводимая не  $\pi$ -нильпотентная локальная подформация.

**Теорема 3.** Тогда и только тогда локальная формация  $\Phi$  является неприводимой локальной формацией  $\pi$ -замкнутого дефекта 1, когда в ней содержится ровно одна неприводимая не  $\pi$ -замкнутая локальная подформация.

### Литература

1. Шеметков, Л.А. Формации конечных групп. / Л.А. Шеметков. – М.: Наука, 1978. – 267 с.
2. Шеметков, Л.А. Формации алгебраических систем. / А.А. Шеметков, А.Н. Скиба. – М.: Наука, 1989. – 253 с.
3. Коржова Ю.С. О некоторых свойствах локальных формаций заданного дефекта. / Ю.С. Коржова, В.В. Аниськов // // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. Материалы XV Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. – Гомель, 26-28 марта 2012г., Ч. 2. – С. 34-35.
4. Коржова Ю.С. О решеточных свойствах локальных формаций конечных групп заданного дефекта. / Ю.С. Коржова, В.В. Аниськов // Творчество молодых 2012: сб. науч. работ студентов и аспирантов УО «ГГУ им. Ф. Скорины»: в 2 ч. Ч. 1 / О.М. Демиденко (гл. ред.); редкол.: Р.В. Бородич [и др.]; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – С. 161-163

**В. И. Мурашко**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ОБ ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ ТЕОРЕМЫ БЭРА

Рассматриваются только конечные группы.

В работе [1] Бэр установил, что гиперцентр конечной группы совпадает с пересечением нормализаторов всех её силовских подгрупп.

Обобщением класса нильпотентных групп является класс групп, представимых в виде прямого произведения своих холловых подгрупп, взятых относительно фиксированного разбиения подмножества множества простых чисел. Данный класс  $F$  обладает многими замечательными свойствами: он является насыщенным наследственной формацией. Отметим также, что для любой группы  $G$  множество  $F$ -субнормальных подгрупп образует подрешётку решётки всех подгрупп  $G$  [2].

Напомним определение  $F$ -гиперцентра конечной группы [3, с.386]. Пусть  $F = \text{LF}(f)$ , где  $f$  – внутренняя формационная функция. Говорят, что группа  $G$  действует  $f$ -гиперцентралью на нормальной подгруппе  $H$  группы  $G$ , если  $H$  обладает  $G$ -допустимым рядом  $1=H_0 \leq H_1 \leq \dots \leq H_n = H$  таким, что  $G/C_G(H_i / H_{i-1}) \in f(p)$  для любого про-

стого  $p$  делящего  $|H_i / H_{i-1}|$  и  $i=1, \dots, n$ . Известно, что если группа  $G$  действует  $f$ -гиперцентрально на своих нормальных подгруппах  $H$  и  $N$ , то  $G$  действует  $f$ -гиперцентрально и на  $HN$ . Таким образом, группа  $G$  обладает наибольшей  $f$ -гиперцентральной нормальной подгруппой. Эта подгруппа не зависит от выбора  $f$  и называется  $F$ -гиперцентром группы  $G$ . Обозначается  $Z_F(G)$ .

Основным результатом работы является следующая теорема:

**Теорема.** Пусть  $\sigma = \{\pi_i \mid i \in I, i \neq j \Rightarrow \pi_i \cap \pi_j = \emptyset\}$  – разбиение непустого множества простых чисел  $\pi$  и  $F$  – формация всех групп, представимых в виде прямого произведения некоторых своих  $\pi_i$ -холловых подгрупп. Тогда для любой  $\pi$ -группы  $G$ , у которой существуют  $\pi_i$ -холловы подгруппы для любого  $i \in I$ , гиперцентр  $Z_F(G)$  есть пересечение нормализаторов всех  $\pi_i$ -холловых подгрупп группы  $G$ , где  $i \in I$ .

#### Литература

1. Baer, R. Group Elements of Prime Power Index / R. Baer// Trans. Amer. Math Soc. – 1953. – V. 75, №1. – P. 20-47.
2. Васильев, А.Ф. О решётках подгрупп конечных групп / А.Ф. Васильев, С.Ф. Каморников, В.Н. Семенчук // Бесконечные группы и примыкающие алгебраические системы. Киев: Ин-т математики АН Украины. – 1993. – С. 27-54.
3. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin – New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.

**В. И. Мурашко, Д. И. Кирилюк, Е. Н. Мысловец, А. С. Вегера**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА GAP ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

Система компьютерной алгебры GAP, расшифровывается как «Groups, Algorithms and Programming», в настоящее время широко применяется для исследований в области современной алгебры, в частности, в теории конечных групп. GAP является свободно распространяемой, открытой и расширяемой системой. Она распространяется в соответствии с GNU Public License [1].

В современной теории групп особое место занимают подгруппы, порождённые элементами с заданными свойствами перестановочности.

Например, элемент  $g$  конечной группы  $G$  называется обобщённо-центральный [2], если подгруппа  $\langle g \rangle$  перестановочна с каждой силовой подгруппой группы  $G$ . Подгруппа порождённая всеми обобщённо-центральными элементами обозначается через  $\text{genz}(G)$ . В монографии [2] также вводятся подгруппы: обобщённый центр, слабый центр, квазицентр и т.д. В настоящей работе нами предлагаются методы построения примеров этих подгрупп с использованием системы GAP.

Другой актуальный вопрос теории групп состоит в исследовании различных обобщений гиперцентра группы. Пусть для любой конечной группы  $G$ ,  $H(G)$  – нормальная подгруппа  $G$ . Рассмотрим ряд  $H_0 = 1 \leq H_1 \leq \dots$ , где  $H_i / H_{i-1} = H(G/H_{i-1})$ . Особый интерес представляет максимальная подгруппа в этом ряду, которая существует в силу конечности  $G$ . Например, если  $H(G) = \text{genz}(G)$ , то мы получаем обобщённый гиперцентр  $\text{genz}^*(G)$ . В работе нами был разработан метод построения различных обобщений гиперцентра конечной группы (в частности,  $\text{genz}^*(G)$ ) с помощью системы GAP.

#### Литература

1. GAP – Reference Manual [Электронный ресурс] / GAP Manuals. – 2012. – Режим доступа : <http://www.gap-system.org/Manuals/doc/ref/chap0.html>. – Дата доступа: 10. 2012 – 12. 2012.
2. Between Nilpotent and Soluble / H.G. Bray [et al.]; ed. M. Weinstein. – Passaic: Polygonal Publishing House, 1982. – 240 p.

**Е. Н. Мысловец**

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

#### ОБ ОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФОРМАЦИЙ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

Рассматриваются только конечные группы. Все необходимые обозначения и определения приведены в [1]. Напомним, что группа называется  $s$ -сверхразрешимой, если она обладает главным рядом, все факторы которого являются простыми группами [2].

**Определение 1 [3].** Пусть  $F$  – некоторый класс групп. Главный фактор  $H/K$  группы  $G$  называется  $F$ -центральным, если  $[H/K](G/C_G(H/K)) \in F$ . В противном случае, фактор  $H/K$  называется  $F$ -эксцентральным.

Используя это понятие, в работе [2] введен класс квази- $F$ -групп и исследованы его свойства. По аналогии введем следующее.

**Определение 2.** Пусть  $F$  – некоторый класс групп и  $G$  – группа. Будем говорить, что группа  $G$  является  $c$ - $F$ -группой, если каждый  $F$ -эксцентральный фактор  $H/K$  группы  $G$  является простой группой.

Класс всех  $c$ - $F$ -групп обозначим через  $F_c$ . Если  $F$  – формация, то  $F \subseteq F_c$ , так как в каждой группе из  $F$  существуют только  $F$ -центральные главные факторы.

**Лемма 1.** Для любого класса групп  $F$  класс  $F_c$  является непустой формацией.

**Теорема 1.** Для каждой насыщенной формации  $F$ , содержащей все сверхразрешимые группы, формация  $F_c$  является композиционной.

**Определение 3 [1].** Класс групп  $F$  называется слабо  $R_t$ -замкнутым,  $t \geq 2$ , если  $F$  содержит всякую группу  $G$ , имеющую  $t$  нормальных  $F$ -подгрупп с попарно взаимно простыми индексами.

**Теорема 2.** Пусть  $F$  – насыщенная слабо  $R_t$ -замкнутая формация. Тогда  $F_c$  – слабо  $R_t$ -замкнутая формация.

### Литература

1 Шеметков, Л.Н. Формации конечных групп // Л.Н. Шеметков. – Мн.: Наука, 1978. – 272 с.

2 Ведерников, В.А. О некоторых классах конечных групп / В.А. Ведерников // Докл. АН БССР. – 1988. – Т. 2, № 10. – С. 872-875.

3 Guo, W. On finite quasi- $F$ -groups // W. Guo, A.N. Skiba // Communication in Algebra. – 2009. – 37. – P. 470-481.

**И. В. Трифонова**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ОПЕРАТОР ВТОРОЙ КРАТНОСТИ

Рассмотрев композицию  $C = (B \circ A)x$  составного оператора  $B$  и произвольного эволюционного оператора второго порядка  $A$  :

$$B(y) = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^m S_k (b_k^1 * y_1^{\otimes k}) \\ \sum_{k=1}^m S_k (b_k^2 * y_2^{\otimes k}) \end{pmatrix}, \quad Ax = \sum_{n_1+n_2>0}^n S_{n_1+n_2} (a_{n_1, n_2} * (x_1^{\otimes n_1} \otimes x_2^{\otimes n_2})),$$

получили оператор вида:

$$Cx = C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + C_4x^4 + \dots + C_kx^k, \quad k = m \cdot n.$$

Полиномиальным эволюционным оператором степени  $m$  будем называть оператор, определяемый равенством

$$Ax = \sum_{n=1}^m S_n(a_n * x^{\otimes n}),$$

где  $x^{\otimes n}$  –  $n$ -я тензорная степень функции  $x \in X$ ,  $a_n$  – обобщенная функция на пространстве  $R^n$ , носитель которой содержится в  $[0; +\infty)^n$ ,  $S_n$  – оператор сокращения переменных степени  $n$ . Тогда первую, вторую, третью и т.д. компоненты можно задать линейным оператором  $A_1x = a_1 * x$ , билинейным оператором  $A_2(x_1, x_2) = S_2(a_2 * (x_1 \otimes x_2))$ , трилинейным оператором  $A_3(x_1, x_2, x_3) = S_3(a_3 * (x_1 \otimes x_2 \otimes x_3))$  и т.д. Любую  $n$ -ю компоненту можно описать полилинейным оператором  $A_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = S_n(a_n * (x_1 \otimes x_2 \otimes \dots \otimes x_n))$ .

Таким образом, для найденных компонент оператора композиции:

$$C_1x = \begin{pmatrix} b_{0,1}^{(1)} * a_{0,1}^{(1)} * x_1 + b_{0,1}^{(1)} * a_{1,0}^{(1)} * x_2 \\ b_{1,0}^{(2)} * a_{0,1}^{(2)} * x_1 + b_{1,0}^{(2)} * a_{1,0}^{(2)} * x_2 \end{pmatrix},$$

$$C_2x = \begin{pmatrix} b_{0,2}^{(1)} * (a_{0,1}^{(1)} * x_1 + a_{1,0}^{(1)} * x_2) + a_{1,0}^{(1)} * (a_{0,1}^{(2)} * x_1 + a_{1,0}^{(2)} * x_2) + b_{0,1}^{(1)} * b_{0,1}^{(1)} * (a_{0,2}^{(1)} * x_1 \otimes x_1 + a_{1,1}^{(1)} * x_1 \otimes x_2 + a_{2,0}^{(1)} * x_2 \otimes x_2) \\ b_{2,0}^{(2)} * (a_{0,1}^{(2)} * x_1 + a_{1,0}^{(2)} * x_2) + a_{1,0}^{(2)} * (a_{0,1}^{(2)} * x_1 + a_{1,0}^{(2)} * x_2) + b_{1,0}^{(2)} * b_{1,0}^{(2)} * (a_{0,2}^{(2)} * x_1 \otimes x_1 + a_{1,1}^{(2)} * x_1 \otimes x_2 + a_{2,0}^{(2)} * x_2 \otimes x_2) \end{pmatrix}$$

и т.д. можно построить полилинейные компоненты и оператор композиции будет являться полиномиальным эволюционным оператором второй кратности.

**И. Н. Фенчук**

*(БрГУ им. А. С. Пушкина, Брест)*

**О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ  
С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА НЕКОТОРЫЕ  
МАКСИМАЛЬНЫЕ ПОДГРУППЫ**

Рассматриваются только конечные группы. Все обозначения и используемые определения соответствуют [1].

Исследование разрешимых групп в зависимости от индексов максимальных подгрупп проведено в статье В.С. Монахова [2]. Установ-



лено, что  $d(G/\Phi(G)) \leq 3 + m(G)$  для разрешимой группы  $G$ , где  $m_p(G) = \max\{\log_p |G:M| \mid M <_{\max} G, |G:M| = p^a\}$ ,  $p \in \pi(G)$  и  $m(G) = \max_{p \in \pi(G)} m_p(G)$ . Здесь запись  $H <_{\max} G$  означает, что  $H$  – максимальная подгруппа группы  $G$ ,  $d(G)$  – производная длина группы  $G$ .

В разрешимой группе с индексами максимальных подгрупп, равными простым числам или квадратам простых чисел,  $m(G)=2$ , а следовательно  $d(G/\Phi(G)) \leq 5$ . В разрешимой группе с индексами максимальных подгрупп, равными простым числам, квадратам простых чисел или кубам простых чисел,  $m(G)=3$ , а следовательно,  $d(G/\Phi(G)) \leq 6$ .

В работе В.С. Монахова [3] показано, что в определениях функций  $m_p(G)$  и  $m(G)$  можно ограничиться только максимальными подгруппами, не содержащими подгруппу Фиттинга. Поэтому верхние оценки производной длины не изменятся, если подобные ограничения накладывать на максимальные подгруппы, не содержащие подгруппу Фиттинга. Доказана следующая теорема.

**Теорема.** Пусть  $G$  – разрешимая группа, у которой индексы максимальных подгрупп, не содержащих подгруппу Фиттинга, равны простым числам, квадратам простых чисел или 27. Тогда производная длина фактор-группы  $G/\Phi(G)$  не превышает 5, а нильпотентная длина группы  $G$  не превышает 4.

### Литература

1. Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В. С. Монахов // Минск: Вышэйшая школа, 2006.
2. Монахов, В.С. Об индексах максимальных подгрупп конечных разрешимых групп / В.С. Монахов // Алгебра и логика. – 2004. – Т. 43, №4. – С.411-424.
3. Монахов, В.С. Замечания о максимальных подгруппах конечных групп / В.С. Монахов // Доклады АН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 4. – С. 31 – 33.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*Математическое моделирование*

**М. С. Березовский, М. И. Жадан**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### НОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЧЕЙ

В настоящей заметке хотелось бы высказать свое мнение о чемпионате республики по футболу. Вялый футбол можно объяснить в первую очередь несовершенством очковой системы, хотя и имеется много других объективных и субъективных причин. Мало забивается голов, значит зрителю неинтересно с «нулями» или «единицами» сидеть на трибуне. Да и ответственность футболистов за результат игры практически не прослеживается: лишь бы мяч докатать в безопасной зоне футбольного поля, а где игра до последней секунды! Этому во многом способствует существующая не гибкая система подсчета очков:  $3 - 1 - 0$ . Ее следует сделать более гибкой. Она должна отражать реальную расстановку сил двух команд в конкретной игре. За очки надо бороться, а, то забив один гол, и как комментаторы говорят, команда играет по счету. Пусть играет, если ей не нужно большее количество очков. Большая разность забитых и пропущенных мячей в игре должна принести больше очков в копилку команды, а значит, футбол сделается более интересным, что должно привлечь больше зрителей на трибуны стадионов. Если противник не хочет, чтобы его конкурент получил больше очей, пусть сопротивляется или сам забивает больше.

Если посмотреть на прошедший, да и на более ранние чемпионаты республики по футболу, то чемпион определился уже за несколько туров до его окончания. За тур до окончания определились и призеры (таблица 1), и возможные аутсайдеры.

Таблица 1

№	Команда	И	В	Н	П	М	Р	О
1	БАТЭ_Борисов	29	20	5	4	49-15	+34	<b>65</b>
2	Шахтер_Солигорск	29	18	7	4	58-22	+36	<b>61</b>

Предлагаем новую модель оценки игры: **заменить существующую систему оценки игры по футболу на следующую: 3 – 2 – 1 – 0.**

*Как и ранее 0 – за поражение, 1 – за любую ничью, 2 – за победу с счетом 1:0, 2:0, 2:1 и любым другим, но разностью забитых и пропущенных равным 1, в остальных случаях за победу команде присваивается 3 очка. Такую систему можно кратко назвать «ЖМИ».*

В настоящее время команды тасуются разнообразными способами: то 2 круга, то 3 круга, то 14 команд в высшей лиге, то 11 и т.п. Однако, не обращается внимание на качество оценки игры. Система «ЖМИ» в первую очередь направлена на эту ситуацию. Данная система гарантирует большую плотность результатов, а значит и более острую борьбу за чемпионство. Мы здесь не касаемся тактики и стратегии на игру – это работа тренерского состава. Однако, футболистам, вероятно, следует чаще напоминать, где находятся ворота соперника, не забывая о своих, и их размерах.

**Главный тезис системы «ЖМИ»:**

**больше забивай – меньше пропускаяй: больше очей получай.**

Теоретически и наглядно (см. таблицу 1) доказано преимущество новой системы по отношению к старой системе. В таблице 2 вместо одного столбика «В» (выигрыш) содержатся два столбика «В3» и «В2» соответственно выигрыш на 3 и 2 очка. После 29 туров, согласно таблице 2, наблюдается серьезное противостояние за золото между «БАТЭ» и «Шахтером».

Таблица 2

№	Команда	И	В3	В2	Н	П	М	Р	О
1	БАТЭ_Борисов	29	<b>6</b>	14	5	4	49-15	<b>+34</b>	<b>51</b>
2	Шахтер_Солигорск	29	<b>7</b>	11	7	4	58-22	<b>+36</b>	<b>50</b>

В этой ситуации у «Шахтера» имеется **большая** мотивация при настрое на последний матч с «БАТЭ», чего нельзя сказать, смотря на таблицу 1. Поэтому, как бы сложилась эта игра можно только рассу-

дать.

Только в 31 матче чемпионата Республики было забито более 3 мячей (см. столбец «ВЗ»). Всего за год забито 370 мячей, т.е. по 12,3 мяча на тур или по 1,1 мячу в среднем на команду. Это очень низкий показатель и на это следует обратить внимание. Система «ЖМИ» должна быть одной из многих других составных частей, которые мотивировали бы увеличение количества забиваемых мячей за матч и зрительский интерес к игре.

Эта система может быть неприемлема только теми, кто не желает видеть преимущества предлагаемой системы оценки качества игры: 1 балл – когда силы соперников равны, 2 балла – одна команда в данной игре немного сильнее другой, 3 балла – явное превосходство одной команды над другой.

Предлагаемую оценку игры следовало бы ввести и в чемпионат республики по хоккею. Это способствовало бы более яркой игре в атаке.

И, в заключение, мы глубоко убеждены, что очки должны соответствовать соотношению сил двух команд в конкретной игре, а не быть какой-либо абстрактной величиной.

На языке Паскаль написана программа, позволяющая учитывать результаты матчей по системе «ЖМИ» и формировать соответствующую турнирную таблицу.

**Д. Ю. Богданов, В. Д. Коноваленок**

*(ВА, Минск)*

### **ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ХОДЕ ВЫРАБОТКИ РЕШЕНИЯ НА ОРГАНИЗАЦИЮ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК В ХОДЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ: ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Анализ процесса выработки и реализации решения на организацию материального обеспечения (МатО) войск в предстоящих действиях позволяет подразделить мероприятия (задачи), осуществляемые (решаемые) в системе МатО войск, на организационные и практические. При этом организационные мероприятия (задачи) связаны с процессом выработки решения на организацию МатО войск в предстоящих действиях. Практические мероприятия (задачи): истребование необходимого объема материальных средств (МатС), получение, хранение МатС, их выдача (доставка) и пополнение запасов до необходимого объема, в свою очередь, относятся к практической реализации

принятого решения.

В структуре процесса выработки решения на организацию МатО при этом, как правило, выделяют следующие основные организационные задачи:

- прогнозирование потребности в МатС на предстоящие действия;
- уточнение обеспеченности (фактического наличия МатС);
- распределение ресурса и партий МатС по поставщикам и потребителям.

Для формализованной постановки, математического моделирования и количественного (качественного) решения указанных выше задач в известных (заданных) условиях может применяться различный научно-методический аппарат, в частности методы теории исследования операций. Вместе с тем, принятые в настоящее время в теории и практике организации МатО войск общелогические и математические методы выработки решения и планирования МатО несовершенны и требуют корректировки.

В связи с этим в докладе рассмотрены проблемы применения существующих моделей, методов оптимизации, используемых при решении основных задач планирования МатО войск в ходе боевых действий, а также предложены направления совершенствования и корректировки этих моделей, методов.

**П. В. Бойкачев**

*(ВА, Минск)*

**МЕТОДИКА КОРРЕКЦИИ ФАЗЫ НА ЭТАПЕ  
АППРОКСИМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФУНКЦИЙ**

Заметный прогресс в технологии спутниковой и мобильной систем телекоммуникации, а также в радиолокационных системах, в значительной степени связан с применением широкополосных и сверхширокополосных сигналов. Для обработки таких сигналов, к входным трактам радиоприемных устройств предъявляются определенные требования, такие как внесение минимальных искажений амплитудного и фазового спектров сигнала и высокая избирательность. Классические аппроксимирующие функции (АФ) передачи не обеспечивают выполнение вышеизложенных требований. Предлагается применять модифицированные аппроксимирующие функции (МАФ), выражение для

МАФ имеет вид:

$$K_m(-s^2) = \frac{k^2}{1 + \varepsilon^2 \prod_{q_i=1}^N (s_{q_i} - 1) \frac{\Psi_m(s) \Psi_m^*(s)}{\prod_{q_i=1}^N (s + s_{q_i})}}, \quad (1)$$

где  $\Psi(s)$  – аппроксимирующий полином  $m$  порядка,  
 $\varepsilon$  – коэффициент неравномерности характеристики в полосе фильтрации,  
 $s_0$  – комплексная частота, на которой АФ принимает нулевое значение,  
 $k$  – коэффициент передачи по мощности,  
 $q$  – частота, на которой АФ принимает нулевое значение,  
 $N$  – число частот, на которых АФ принимает нулевое значение.

Для наглядного рассмотрения, на рисунке 1, необходимо проанализировать амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) и групповое время запаздывания (ГВЗ) классического фильтра Чебышева и модифицированного фильтра Чебышева (1). Из рисунка 1 видно, что в пределах нормированной полосы пропускания, АЧХ и ГВЗ более линейны у модифицированной функции, по сравнению с классической АФ Чебышева.

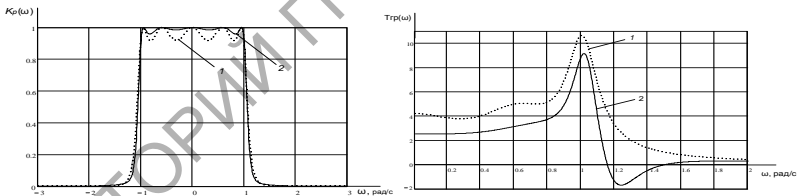


Рисунок 1 – АЧХ и ГВЗ фильтра синтезированного с использованием классической (1) и модифицированной (2) функций Чебышева.

**В. П. Боровик, С. В. Кухта**

(ПГУ, Новополоцк)

## **НЕЧЕТКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Для изучения путей управления технологическим процессом рассматривался комбинированный метод обработки, электромагнитная

наплавка с поверхностным пластическим деформированием, обеспечивающая формирование поверхности детали с улучшенными геометрическими параметрами и упрочнение поверхностного слоя, повышение его физико-механических характеристик [1]. На основе статистических методов исследовались зависимости регламентируемых параметров обработки – эксплуатационного: относительной износостойкости  $Y_1$ ; физико-механического: твердости  $Y_2$ ; геометрического: шероховатости  $Y_3$ ; производительности обработки  $Y_4$  от основных технологических факторов: усилия деформирования  $X_1$ , подачи инструмента  $X_2$ , силы разрядного тока  $X_3$ , скорости вращения детали  $X_4$  и магнитной индукции в рабочем зазоре  $X_5$ . Для комплексного управления параметрами качества на основании нечеткой оптимизации [2] комбинированного технологического процесса использовалась диаграмма "причины-результат".

На диаграмме в качестве причин указаны параметры  $Y_1, \dots, Y_4$ , которые в свою очередь обусловлены факторами  $X_1, \dots, X_5$ . На основании всех перечисленных параметров, которые оказывают влияние на процесс, необходимо выявить самые значимые, оказывающие основное влияние на стабильность построения функции и шкал желательности для каждого из факторов. Это позволило сформулировать критерии и ограничения задачи нечеткой оптимизации процесса комбинированной обработки деталей, позволяющей достичь оптимального качества изделия с учетом ограничений на требуемые ресурсы. В нашем случае определено, что значимыми параметрами, влияющими на протекающий процесс, являются производительность обработки, твердость и шероховатость (последние два определяют износостойкость).

### Литература

1. Ящерицын П.И., Деев Г.А., Кожуро Л.М., Хейфец М.Л. Комбинированный метод электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием // Доклады АН Беларуси. 1993. Т.37. № 4. – С.114-117.
2. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология

**Е. Н. Буйлов**

(ВА, Минск)

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ  
МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ В ШИРОКОПОЛОСНОМ  
ПРИЕМНОМ ТРАКТЕ МОНОИМПУЛЬСНОЙ РЛС**

Отраженному сигналу при приеме сопутствуют помехи, составляющими которых являются шумовая помеха и мешающие отражения. Мешающие отражения (МО) вызываются отражениями зондирующих сигналов от местных предметов, подстилающей поверхности, гидрометеоров и дипольных отражателей [1].

В зависимости от шероховатости отражающей поверхности и угла скольжения радиоволн в ней могут преобладать зеркальные или диффузные составляющие. Для низколетящих и наземных целей основной является зеркальная составляющая [2].

В качестве модели МО моноимпульсной радиолокационной станции будем рассматривать сумму отраженных сигналов от мешающих отражателей, сосредоточенных в области, которая ограничена пространственной диаграммой направленности антенны и радиальной протяженностью участка земной поверхности [1, 3].

Модель формирования МО можно разделить на четыре этапа:

– расчет суммарной эффективной отражающей поверхности МО с учетом углов наблюдения, параметров МО, а также передающей и приемной диаграмм направленности;

– расчет отношения помеха-шум на выходе устройства внутрипериодной обработки в приемных каналах;

– расчет коэффициента взаимной корреляции МО в каналах приема;

– моделирование случайных процессов, имитирующих МО в четырех каналах приема.

Целью доклада: рассмотрение математической модели формирования поверхностно-распределенных мешающих отражений в широкополосном приемном тракте моноимпульсной радиолокационной станции.

**Литература**

1. Ширман, Я.Д. // Радиоэлектронные системы. Основы построения и



теория. Я.Д. Ширман. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2007.

2. Леонов, А.И. // Моноимпульсная радиолокация. А. И. Леонов, К. И. Фомичев. – Изд. 2-е., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984.

3. Кулемин Г.П., Разказовский В.Б. // Рассеяние миллиметровых радиоволн поверхностью Земли под малыми углами. – Киев: Наук. Думка, 1987.

**И. А. Викторов, Ю. В. Развин**

*(БНТУ, Минск)*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МОДУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНЫХ ЖК-ЯЧЕЕК**

В различных областях техники широко применяются жидкокристаллические устройства: дисплеи, индикаторы, пространственно-временные модуляторы, преобразователи изображений и др. Такое разделение жидкокристаллических устройств по функциональному назначению: отображение и обработка информации – достаточно условно. Все перечисленные элементы собираются на основе электрооптических ЖК-ячеек, выполненных по технологии “сэндвич-геометрии”. В этом случае распространение в ЖК-ячейке оптического излучения параллельно направлению вектора напряженности управляющего электрического поля. Также представляет интерес исследование режима планарного переключения ЖК-слоя (IPS), при котором направление оптического излучения перпендикулярно вектору напряженности электрического поля. Целью данной работы является разработка оптических модуляторов на основе нематических анизотропных ЖК-ячеек, работающих в режиме планарного переключения. В докладе представлены результаты выполненных расчетов, обсуждается практическое применение результатов исследования. Компьютерное моделирование выполнено с применением пакета прикладных программ MathCAD.

В работе подробно обсуждаются особенности конструкции и сборки исследуемых образцов, проводится сравнение ячеек различной геометрии. Экспериментально были исследованы условия ориентации ЖК-слоя на рабочих поверхностях подложек. Для получения гомеотропной ориентации ЖК-слоя подложки обрабатывались лицитином, для получения планарной ориентации использовался метод натирания рабочей поверхности оптической подложки. Для формирования импульсов управ-

ления, подаваемых на электроды исследуемых ЖК-модуляторов, применялись стандартные источники питания. В качестве источников оптического излучения использовались газовый (ЛГ-206) и полупроводниковый лазеры. Регистрация экспериментальных данных осуществлялась по поляризационной методике на собранной установке.

Экспериментально была установлена зависимость режимов модуляции исследуемых образцов от начальной ориентации и от величины угла между директором ЖК-слоя и поляризацией проходящего через модулятор оптического излучения. Показано, что вольт-контрастные и модуляционные характеристики в режиме планарного переключения имеют большую крутизну по сравнению с обычным режимом.

**Н. П. Воронова, С. М. Грибкова, В. А. Чужин**  
(БНТУ, Минск)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ АЭРОДИНАМИКИ ПЕЧЕЙ СЕРИИ РКП**

Камерные рециркуляционные печи серии РКП (РКП1-РКП4) обеспечивают качественный нагрев материалов. Однако для выбора оптимальных размеров рабочего пространства печей необходимо проанализировать аэродинамику газовоздушных потоков, определить коэффициенты теплоотдачи  $\alpha$  ( $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ).

Для нахождения фактических значений скоростей в рабочей камере с помощью микроманометра для измерения скоростей  $W$  были сняты поля скоростей. При исследовании распределения скоростей в верхней и нижних частях инжектора при различных скоростях истечения из устья горелки установлено, что в верхней части инжектора распределение скоростей неравномерно, особенно большие значения  $W$  до 25...27 (м/с) наблюдаются по оси инжектора.

В нижней части инжектора распределение поля скоростей более равномерно, что легко объяснимо. Неравномерность поля скоростей в верхней части инжектора объясняется большим количеством движения по оси струи, в то время как в нижней части подсос газов равномерен по всей площади.

С учетом полученных значений эпюры скоростей были оценены значения конвективной составляющей коэффициента теплообмена.

Значения  $\alpha_{\text{конв}}$ , полученные в результате моделирования, в зави-

симости от кратности рециркуляции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования

	Кратность рециркуляции				
	2,1	2,2	2,4	3,0	4,2
$\alpha_{\text{конв}}$	36	38	39	43	47

Для выдачи рекомендаций по расчету предлагается формула

$$N_u = \beta k \text{Re}^n \text{Pr}^{0,33} \left( \frac{\text{Pr}_\Gamma}{\text{Pr}_{\text{СТ}}} \right)^{0,25},$$

где  $\beta = 1$  для печей РКП-1 и РКП-2;  $\beta = 0,96$  для печи РКП-3;  $\beta = 0,95$  для печи РКП-4;  $\text{Pr}_\Gamma, \text{Pr}_{\text{СТ}}$  – значения критерия Рейнольдса, которые соответственно равны:

$$10 < \text{Re} < 10^3, k = 0,5, n = 0,5;$$

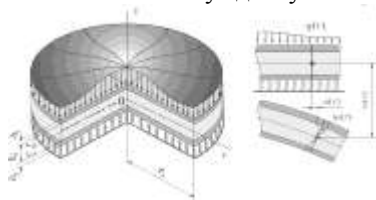
$$10 < \text{Re} < 2 \cdot 10^5, k = 0,25, n = 0,6.$$

**Н. А. Галов**

(БелГУТ, Гомель)

### ВЫВОД УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ НА ОСНОВАНИИ ПАСТЕРНАКА

Постановка задачи проводится в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ ; через  $h_k$  обозначена относительная толщина  $k$ -го слоя. Для изотропных несущих слоев, толщиной  $h_1, h_2$ , приняты гипотезы Кирхгофа. В жестком несжимаемом по толщине заполнителе ( $h_3 = 2c$ ) учитывается работа напряжений  $\sigma_{rz}$  в тангенциальном направлении. Вертикальная нагрузка  $q(r)$  распределена по внешней поверхности пластины (рис. 1). На границах слоев перемещения непрерывны. На внешнем контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев.



### Рисунок 1 – Расчетная схема трехслойной пластины

В силу симметрии нагрузки тангенциальные перемещения в слоях отсутствуют:  $u_{\varphi}^{(k)} = 0$  ( $k$  – номер слоя), а прогиб пластины, относительный сдвиг в заполнителе и радиальное перемещение координатной плоскости не зависят от координаты  $\varphi$ , т. е.  $u(r)$ ,  $\psi(r)$ ,  $w(r)$ . В дальнейшем эти функции считаются искомыми.

Реакцию основания Пастернака рассматриваем в следующем виде:

$$q_r = \kappa_0 w - t_f \Delta w + m_f \ddot{w}, \quad \Delta g = g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r},$$

где  $t_f$  – сдвиговой коэффициент жесткости основания.

Из вариационного принципа Лагранжа получим в перемещениях следующую систему дифференциальных уравнений, описывающую изгиб пластины:

$$L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w_{,r}) = 0, \quad L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w_{,r}) = 0,$$

$$L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w_{,r}) + t_f \Delta w - \kappa_0 w = -q,$$

где операторы  $L_1, L_2, L_3, L_4$  и коэффициенты  $a_i$  приведены в [1].

### Литература

1. Старовойтов Э.И. Деформирование трехслойных элементов конструкций на упругом основании / Э.И. Старовойтов, А.В. Яровая, Д.В. Леоненко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 379 с.

**А. В. Ганжурова, Е. М. Березовская**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ**

Основу развития компьютерной графики составляют фундаментальные дисциплины – аналитическая геометрия и оптика, скрепленные раствором – искусством программирования. Компьютерная графика используется почти во всех научных и инженерных дисциплинах для наглядности восприятия передачи информации. Возникнув из потребностей рынка, развития информатики и вычислительной техники, компьютерная графика изучает методы построения изображений различных геометрических объектов и сцен.

Основными этапами построения изображения являются *моделирование* (как искусство применения методов математического описания объектов и сцен, природа которых может быть самой различной) и *ви-*

*зуализация* (как искусство построения реалистичных изображений на плоском экране дисплея ЭВМ, заключается в преобразовании моделей объектов и сцен в статическое изображение).

В работе рассматривались методы решения геометрических задач на построение и формирование поверхностей, составления моделей объектов сцены, не попавших в отображаемую плоскость, удаление невидимых объектов отображаемой плоскости, а также оптические задачи реалистического изображения объектов.

Изучались два основных вида поверхностей: каркасные и точечные. Для построения каркасных поверхностей использовались следующие основные алгоритмы – алгоритм Робертса и алгоритм художника. При построении точечной поверхности самым распространенным алгоритмом визуализации произвольных поверхностей является простой и достаточно эффективный метод z-буфера, аппаратно реализованный во всех современных графических ускорителях.

Кинематические поверхности формируются непрерывным движением в пространстве некоторой линии по определенной траектории. Основные типы кинематических поверхностей: поверхности вращения, переноса и комбинированные; линейчатые поверхности и их развертки: цилиндрическая, коническая, торсовая; нелинейчатые поверхности, которые получаются путем построения через интерполяционный полином Лагранжа и его производной; интерполяционный МНК-полином и его производной; аппроксимационный МНК-полином и его производной.

Рассматривались модели объектов в пространстве: каркасные модели, платоновы тела, граничные и сплошные модели. Реализация алгоритмов осуществлялась в математических пакетах и в среде Delphi.

**И. П. Германович, С. В. Акулич**

*(ВА, Минск)*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ  
КОСМИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ**

Особенностью процесса противодействия космическим средствам разведки является необходимость выполнения его в определенные временные интервалы, рассчитываемые с учетом движения космического аппарата (КА) и перемещения его зоны обзора (ЗО) во времени. При ведении разведки противник будет стремиться повысить ее эф-

фективность, максимизируя следующие показатели:

**вероятности обнаружения** объекта конкретным КА

$$P_{\text{обн } i} = 1 - \left( 1 - \prod_{j=1}^J \prod_{r=1}^R P_{\text{обн } i, j, r} \right), \quad i = \overline{1, I}; \quad (1)$$

**длительность пребывания** объекта в обобщенной ЗО

$$T_{\text{преб } i} = \sum_{j=1}^J (t_{\text{ок } i, j} - t_{\text{нач } i, j}), \quad i = \overline{1, I}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{нач } i, j} = \min_{r \in R} \{t_{\text{нач } i, j, r}\}$  – время начала обзора  $j$ -м КА  $i$ -го объекта;  
 $t_{\text{ок } i, j, r} = \max_{r \in R} \{t_{\text{ок } i, j, r}\}$  – время окончания обзора  $j$ -м КА  $i$ -го объекта;  
 $t_{\text{нач } i, j, r} (t_{\text{ок } i, j, r})$  – время начала (окончания) обзора  $j$ -м КА  $i$ -го объекта в  $r$ -м режиме работы,  $I$  – количество объектов обороны, подлежащих скрытию;  $J$  – количество КА, ведущих разведку;  $R$  – количество режимов работы аппаратуры каждого из КА.

В соответствии со значениями показателей (1), (2) осуществляется сортировка объектов по степени опасности обнаружения космическими средствами радиолокационной разведки. Кроме этого, рассчитываются время на проведение мероприятий противодействия  $T_{\text{МП}}$  и затраты на их организацию  $C_{\text{МП}}$ :

$$T_{\text{МП } i, m} = F_2(t_{\text{пр}}, t_{i, m}), \quad C_{\text{МП } i, m} = F_3(c_{i, m}, T_{\text{МП } i, m}),$$

где  $t_{\text{пр}}$  – общее время принятия решения на проведение мероприятий противодействия;  $t_{i, m}$  – время на проведение  $m$ -го мероприятия противодействия по  $i$ -му объекту;  $c_{i, m}$  – затраты на проведение  $m$ -го мероприятия противодействия по  $i$ -му объекту.

Таким образом, каждому сочетанию « $i$ -й объект –  $m$ -е мероприятие противодействия» соответствует значение векторного показателя эффективности противодействия, который позволяет оценить эффективность проведения мероприятий противодействия:

$$Q_{i, m} = \{P_{\text{обн } i, m}, T_{\text{преб } i, m}, K_{\text{попад } i, m}, T_{\text{МП } i, m}, C_{\text{МП } i, m}\}, \quad i = \overline{1, I}, \quad m = \overline{1, M}, \quad (3)$$

где  $M$  – количество мероприятий противодействия.

**А. Н. Горбачев, М. В. Бойко**

(ВА, Минск)

### **ЧАСТНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ ТЫЛА ГРУППИРОВКИ СИЛ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОБОРОНЫ**

Суть предполагаемой методики состоит в установлении связи

между количественным составом мобильных сил и средств тыла (МССТ) и эффективностью их функционирования в системе подвоза материальных средств (СПМС) группировки сил ТерО в различных условиях обстановки посредством разработки и практической реализации **логико-математической модели функционирования СПМС** на основе теории массового обслуживания. В методике учтены наиболее значимые стохастические параметры функционирования СПМС, влияющие на оценку эффективности функционирования всех подсистем в единой логико-математической модели.

Предполагаемый подход определяется следующим:

1. Подвоз осуществляется в определенный грузоперерабатывающий объект, либо, по факту заявок или в соответствии с планом подвоза, в конкретные части и подразделения, что дает право говорить об **однородности** потока заявок (рассматриваются только моменты времени поступления заявок на подвоз).

2. Вероятность поступления заявки (вероятность необходимости осуществления подвоза МС) не зависит от времени – она будет в любом случае (плановая или срочная), что дает право говорить о **стационарности** потока. Таким образом, вероятность появления  $n$  – событий на интервале времени  $(t; t+x)$  не зависит от времени  $t$ .

3. Число заявок на подвоз на различных интервалах времени непосредственно не зависят друг от друга, соответственно, поток требований в рассматриваемой системе является **поток без последствия**.

Предлагаемая методика позволяет решать следующие задачи:

1. Задаваясь последовательным числом  $n$  типовых подразделений МССТ, оценить эффективность их функционирования и определить такое значение  $n$  (рациональный состав МССТ), при котором обеспечивается заданная степень гарантии удовлетворения заявок войск на подвоз МС.

2. Для имеющегося (конкретного) состава МССТ определить вероятность отказа в подвозе МС (или степень гарантии удовлетворения заявок войск на подвоз МС).

3. Задаваясь степенью гарантии удовлетворения заявок войск на подвоз МС при конкретном составе МССТ и с учетом расстояния перевозок определить время цикла подвоза  $T_{ц}$ , что позволяет использо-

вать полученные результаты для организации управленческой деятельности.

**Ю. Н. Горбачёва**

*(БГУ, Минск)*

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ  
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЖИДКОЙ ПЕРЕМЫЧКИ  
МЕЖДУ ДВУМЯ КОАКСИАЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ**

Объектом численного исследования является задача о равновесных формах и устойчивости осесимметричной жидкой перемычки, свободная поверхность которой опирается на кромки двух коаксиальных цилиндров одинакового радиуса. Интерес к этой задаче связан с ее приложениями к проблемам очистки материалов и выращивания монокристаллов методом плавающей зоны, как в земных условиях, так и в условиях невесомости [1].

Математическая модель задачи состоит из нелинейных дифференциальных уравнений Юнга-Лапласа второго порядка, описывающих осесимметричные равновесные формы свободной поверхности парой параметрических функций. Дополнительными условиями являются условия контакта с кромками торцевых стенок цилиндров и интегрального условия сохранения объема жидкости.

Задача численно решалась с помощью схемы сплайнового типа [2]. Конструкция схемы базируется на аппроксимации свободной поверхности параметрическими кубическими сплайнами, точно удовлетворяющими дифференциальной задаче в узлах сетки.

Получены равновесные формы жидкой перемычки для различных чисел Бонда, характеризующих отношение гравитационных сил к капиллярным силам. Построена зависимость, отражающая влияние числа Бонда на критическую длину жидкой перемычки, при которой происходит потеря устойчивости. Полученные численные результаты согласуются с результатами, приведенными в [3].

**Литература**

1. Методы решения задач гидромеханики для условий невесомости / А. Д. Мышкис [и др.] ; под ред. А. Д. Мышкиса. – Киев : Наукова думка, 1992. – 592 с.
2. Polevnikov, V. K. Methods for numerical modeling of two-



dimensional capillary surfaces / V. K. Polevikov // Computational Methods in Applied Mathematics. – 2004. – Vol. 4, № 1. – P. 66-93.

3. Слобожанин, Л. А. Задачи гидростатики, возникающие при моделировании процесса очистки материалов и выращивания монокристаллов методом плавающей зоны. Часть III. Равновесие и устойчивость зоны в поле тяжести и в поле центробежных сил / Л. А. Слобожанин. – Харьков, 1984. – 57 с. – (Препринт / Физ.-техн. институт низких температур АН УССР ; №25).

**М. В. Деканова**  
(ПГУ, Полоцк)

### **КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧЕ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ВУЗА**

Разработка расписания учебных занятий ВУЗа является многоэтапным процессом [1]. Один из этапов – создание математической модели, позволяющей учесть определенный набор ограничений и критериев оптимизации.

1. Если два занятия проводятся с одной и той же группой студентов, одним преподавателем или в одной и той же аудитории, то они должны быть назначены на различные интервалы времени.

2. Расписание занятий в любой день не должно содержать «форточек» или их должно быть минимальное количество и для студентов, и для преподавателей.

3. Для каждой группы должны выполняться все виды аудиторной работы в течение двух недель.

4. Необходимо обеспечить возможность проводить некоторые занятия непосредственно одно за другим (например, лабораторные занятия, требующие двух последовательных «пар»).

5. Необходимо обеспечить возможность проводить какие-либо занятия в разные дни (например, три занятия по высшей математике не должны проводиться в один день с одной и той же группой студентов).

6. Необходимо обеспечить равномерность распределения занятий по количеству «пар» в день.

7. Необходимо обеспечить преподавателям методический день, если это возможно.

8. Минимизировать количество дней, занятых учебной нагрузкой для преподавателей, с учетом ограничения количества «пар» в день.

Задача формирования расписания заключается в формировании гиперграфа на основе математической модели, т.е. определении для каждого занятия тайм-слота и аудитории с учетом выполнения ряда обязательных ограничений и критериев оптимизации.

### Литература

1. Клеванский Н.Н., Макарцова Е.А. Формирование расписания с использованием динамических критериев загруженности // XI Международная конференция-выставка «Информационные технологии в образовании». Часть IV. – М.: МИФИ, 2001. – С.139-140.

**А. А. Дмитренко, С. Ю. Седьшев**  
(ВА, Минск)

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В КОМПЛЕКСАХ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ**

Для определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ) в пространстве методами пассивной локации используются триангуляционный (угломерный) и гиперболический (разностно-дальномерный) способы и их комбинации.

При угломерном методе пространственные координаты ИРИ определяются по измеренным в двух разнесенных приемных позициях (ПП) трем угловым координатам и известному расстоянию между ними. Главным достоинством триангуляционного способа является возможность обнаруживать сигналы с малой энергией, так как для измерения угловых координат ИРИ используются радиотехнические пеленгаторы с узконаправленными диаграммами направленности антенн (ДНА), обеспечивающие высокую чувствительность. Однако точность определения местоположения данным способом в ряде случаев оказывается недостаточной.

При использовании разностно-дальномерного способа определения пространственных координат ИРИ определяют разности дальностей от источника излучения до нескольких пар приемных позиций. Разность дальностей находится в прямой зависимости от разности времен запаздывания сигнала от ИРИ до каждой ПП, которые определя-

ются взаимно-корреляционным методом. Применение данного способа позволяет с высокой точностью определять местоположение ИРИ. Однако дальность обнаружения сигналов с малой энергией у данных комплексов мала.

Комплексное использование угломерного и разностно-дальномерного способов может позволить повысить точность определения местоположения излучающих целей и увеличить дальность действия КПЛ.

В качестве центрального приёмного пункта может использоваться пеленгатор с ДНА, имеющей высокую направленность по азимуту, который осуществляет последовательный обзор пространства с помощью вращающейся антенной системы. Применение данного способа позволяет повысить возможности по обнаружению сигналов с малой энергией, сократить интервал обзора по разности времен запаздывания. Также применение в составе комплекса радиопеленгатора с узкой диаграммой направленности позволяет решить вопросы неоднозначности оценки пространственных координат ИРИ за счёт использования информации об угловом положении ИРИ в азимутальной плоскости. Кроме того, за счёт высокого потенциала приёмного канала ЦПП получение взаимокорреляционной функции возможно при меньших значениях сигнал/шум сигналов, принимаемых ПП. Это обеспечивает выигрыш в дальности обнаружения и высокую точность измерения пространственного положения ИРИ.

**А. М. Еромин, С. А. Шабан, О. В. Сидорович, А. Н. Мороз**  
(ВА, Минск)

**СИНТЕЗ КОНТУРА ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОЙ  
РАКЕТЫ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ  
ПРИ ИНЕРЦИОННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ**

Одной из задач синтеза контура телеуправляемой ракеты средней дальности является повышение быстродействия системы управления в переходном режиме при заданной точности наведения ракеты на цель.

Анализ контура телеуправляемой ракеты показал, что измерительное устройство является частью контура управления ракетой, оказывающей влияние на точность наведения ракеты на цель и на качество управления в переходном режиме. Инерционность измерительного устройства приводит к снижению быстродействия, что требует при синтезе оптимальной системы управления расширить вектор состояний

объекта, включив в него динамику измерителя. Это существенно усложняет задачу синтеза.

Целесообразность постановки такой задачи объясняется тем, что полоса пропускания координатного блока цели близка к полосе пропускания контура управления ракетой. В силу этого считать входной шум контура «белым» не представляется возможным.

Для того чтобы «обелить» входные шумы контура управления, а также избавиться от динамической ошибки разности угловых координат цели и ракеты, необходимо на вход фильтра устройства выработки команд управления, подавать входные сигналы координатных блоков цели и ракеты [1].

При синтезе телеуправляемой ракеты средней дальности был выбран критерий качества, позволяющий минимизировать дисперсию ошибки измерений при ограничении располагаемого ускорения.

Результаты математического моделирования синтезируемого контура управления в среде «Matlab (Simulink)» показали, что устранение инерционности измерительного устройства, позволило повысить быстродействие системы управления.

### Литература

1. Основы постарения систем автоматического управления: в 3 ч./ А.А. Кун, В.Ф. Лукьянов, С.А. Шабан. Под ред. А.А. Куна. – Минск: Издание академии, 2001. – Ч. 3. Комбинированные системы управления. Боевое снаряжение ракет. Синтез систем управления. – 90 с.

**Р. А. Жерносеков, В. Т. Першин**  
(БГУИР, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ МАТЛАБ**

Бинарная фазовая манипуляция (Binary Phase Shift Keying, BPSK) является достаточно сложным процессом, изучение которого осуществляется во многих учебных планах университетских курсов, в частности, в дисциплинах, связанных со спутниковыми навигационными системами, которые формируют в околоземном пространстве радионавигационное поле. Она находит своё применение и в цифровом телевидении.

В докладе рассматривается один из важных компонентов системы

– метод дифференциальной бинарной фазовой манипуляции, (Differential Binary Phase Shift Keying, DBPSK) используемый в системе ГЛОНАСС. Этот метод реализуется посредством перекодировки исходной последовательности информационных символов по следующему алгоритму:

$$a_{\text{вых } i} = a_{\text{вх } i} \circ a_{\text{вых } i-1}, \quad (1)$$

где  $a_{\text{вх } i}$ ,  $a_{\text{вых } i}$  – входная и выходная последовательности символов при передаче соответственно, а знак  $\circ$  соответствует операции сложения по модулю два.

При приеме перекодировка выполняется по принципу:

$$b_i = a_{\text{вых } i} \circ a_{\text{вых } i-1}, \quad (2)$$

где  $b_i$  – последовательность символов после перекодировки на выходе приемника.

Идея дифференциального кодирования состоит в том, что передается не абсолютное значение информационного символа, а его изменение (или не изменение) относительно предыдущего значения, т.е. каждый последующий передаваемый символ содержит в себе информацию о предыдущем символе. Тем самым для извлечения исходной информации в качестве опорного сигнала можно использовать не несущую частоту, а предыдущее значение символа. В самом деле, если в приемнике осуществить задержку принятого символа на один символьный интервал, а затем произвести перемножение полученного и задержанного символов, то результатом этой операции будет исходная информационная последовательность. После фильтрации с помощью ФНЧ или согласованного фильтра остается только постоянная составляющая. Очевидно, что ни временная форма, ни спектральный состав DBPSK сигнала не будет отличаться от обычного BPSK сигнала.

Моделирование преобразований по алгоритмам (1) и (2) выполнены непосредственно в системе SIMULINK MatLAB и в рабочем пространстве системы, для чего был создан m-файл, с помощью которого реализована процедура перекодировки.

**Н. А. Жилияк, Е. А. Богатырев**  
(БГТУ, Минск)  
**АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В настоящее время в области исследования сложных систем сформировалось направление, занимающееся разработкой математических моделей. Основу их составляют методы моделирования. В существующей классификации методов моделирования систем важное место занимает классификация по способу описания функциональных связей между параметрами (процессов функционирования элементов системы). В соответствии с этим признаком методы моделирования можно разделить на следующие группы: имитационные, аналитические, комбинированные и стохастического анализа (рисунок 1) [1].

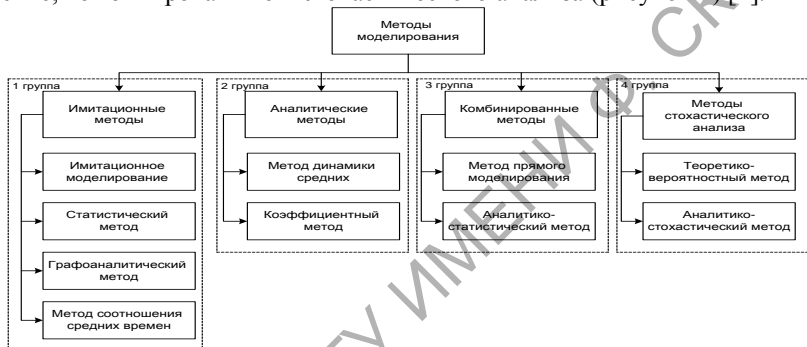


Рисунок 1 – Методы моделирования операций

Имитационные методы моделирования в настоящее время становятся основными методами исследования сложных систем. Сущность метода заключается в разработке таких алгоритмов и программ, которые имитируют поведение системы, ее свойства и характеристики. Однако в силу наличия случайных факторов в ходе исследования систем однократный прогон модели не позволяет получать статистически устойчивые результаты и, следовательно, гарантировать их достоверность. При этом каждый прогон модели занимает достаточно большое время.

Аналитические методы основаны на описании конкретных свойств процессов и связей физических величин математическими уравнениями, которые могут быть алгебраическими, дифференциальными, интегрально-дифференциальными и т. п. Решение таких моделей может искаться аналитически, что позволяет быстро и наглядно исследовать процессы во всем диапазоне условий. Вместе с тем в аналитических моделях довольно сложно учесть многообразие факторов влияющих на условия функционирования сложной системы.

Таким образом, в зависимости от цели исследования систем могут применяться как аналитические, так и имитационные методы моделирования. Применение комбинации этих методов на различных ее этапах позволит использовать достоинства каждого из этих методов.

### Литература

1. Булойчик В.М. Военно-прикладные вопросы математического моделирования. Часть 1. Математические методы, используемые при разработке моделей для принятия решений. ВА РБ. Минск, 2000. – 180с.

**А. Е. Катрич, И. А. Хорунжий**  
(БНТУ, Минск)

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛМАЗНОГО ТЕПЛОТВОДА ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО СВЕТОДИОДА**

В последние годы интерес к алмазу, как материалу для микроэлектроники, неуклонно растет. Алмаз имеет уникально высокую теплопроводность (в пять раз выше, чем у меди) [1], что делает его привлекательным для использования в качестве теплоотводящих подложек для мощных полупроводниковых приборов [2]. Мощные лазерные диоды, имеющие мощность до десятков Ватт в непрерывном режиме, требуют интенсивного отведения тепла от активной области полупроводниковой гетероструктуры. Алмазный теплоотвод, изготовленный из природного или синтетического алмаза, позволяет распределить концентрированный тепловой поток на большую площадь и снизить таким образом тепловое сопротивление системы охлаждения. Широкое применение алмазных подложек в качестве теплоотвода сдерживается их высокой стоимостью. Цель настоящей работы заключается в исследовании методом компьютерного моделирования эффективности алмазных теплоотводящих подложек в зависимости от их геометрических параметров и коэффициента теплопроводности и определении минимально необходимых размеров этих подложек. Для решения поставленной задачи с использованием программного пакета ABAQUS была разработана компьютерная модель, которая включала полупроводниковую гетероструктуру размером  $0,5 \times 0,3 \times 0,1$  мм<sup>3</sup>, установленную на алмазную подложку, которая, в свою очередь, устанавливалась на массивный медный радиатор. Между соединяемыми деталями предполагался тонкий слой теплопроводящей пасты. Алмазный теплоотвод за-

давался в виде квадратной пластины, размеры, толщина и коэффициент теплопроводности которой изменялся в процессе расчетов для изучения влияния этих параметров на эффективность охлаждения полупроводниковой гетероструктуры, с целью определения оптимальных параметров тепловода. Проведенное компьютерное моделирование позволило сделать вывод о том, что оптимальные размеры алмазного тепловода для гетероструктуры указанного размера составляют примерно  $3 \times 3 \times 0,3$  мм<sup>3</sup> при коэффициенте теплопроводности в диапазон 1500-2000 Вт/(м·К).

### Литература

1. Новиков Н.В., Кочержинский Ю.А., Шульман Ю.А. и др. Физические свойства алмаза. Справочник: Наукова думка, Киев, 1987, 190 с.
2. Паращук В.В., Беляева А.К., Баранов В.В., Телеш Э.В., Ву З.М., Ву В.Л., Фам В.Ч. Оптимизация тепловых режимов диодных лазеров // Известия Томского политехнического университета, Т.315, № 4, 2009, с.137-141.

**Е. П. Кечко, Д. С. Кузьменков**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### КВАЗИДЕКОМПОЗИЦИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССОМ В СТЕРЖНЕ С ТЕПЛОБМЕНОМ НА ДВУХ КОНЦАХ

В классе дискретных управляющих воздействий  $u_1(\cdot), u_2(\cdot)$  рассматривается задача оптимального управления нагревом стержня. Аппроксимируя ее методом прямых, заменяя уравнение в частных производных системой ОДУ, задача сводится к интервальной задаче ЛП вида:

$$J(u_1, u_2) = \sum_{t \in T_h} (u_1(t) + u_2(t)) \rightarrow \min, \tilde{g}_k \leq \sum_{t \in T_h} (d_{u_1}(t)u_1(t) + d_{u_2}(t)u_2(t)) \leq \tilde{g}^*, \quad (1)$$

$$u_1(t) \in U_1, u_2(t) \in U_2, t \in T_h,$$

где  $\tilde{g}_k = g_k^* - \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^n f(s_i, t^*; s_j, t_*) x_0(s_j) - y(s_i) \right] \varphi_k(s_i),$

$$\tilde{g}_k^* = g_k^* - \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^n f(s_i, t^*; s_j, t_*) x_0(s_j) - y(s_i) \right] \varphi_k(s_i), \quad d_{u_1}(t) = \sum_{i=1}^n f_{u_1}(s_i, t^*; s_1, t) \varphi_k(s_i),$$

$$d_{u_2}(t) = \sum_{i=1}^n f_{u_2}(s_i, t^*; s_n, t) \varphi_k(s_i), \quad t \in T_h, \quad k = \overline{1, m}, \quad f_{u_1}(s_i, t; s_1, \tau) =$$



$$= -h_s \bar{a}^2 \mu \int_{\tau}^{\tau+h_s} f(s_i, t; s_1, \xi) d\xi, \quad f_{u_2}(s_i, t; s_n, \tau) = h_s \bar{a}^2 \eta \int_{\tau}^{\tau+h_s} f(s_i, t; s_n, \xi) d\xi, \quad t, \tau \in T_h,$$

$$\bar{a}^2 = a^2/h_s^2, \quad s_i = ih_s, \quad h_s = l/(n-1), \quad T_h = \{t_*, t^* + h_s, \dots, t^* - h_s\}.$$

При оптимальном управлении системой (1) в реальном времени для больших значений  $n$  большую роль играет быстрое нахождение значений  $d_{u_1}(t)$ ,  $d_{u_2}(t)$ ,  $t \in T$ . Процедура квазидекомпозиции позволяет интегрирование системы порядка  $n$  заменить на параллельное интегрирование  $q^*$  систем порядка  $m$ ,  $m \ll n$ . При достаточно точной аппроксимации математической модели объекта управления, процедура квазидекомпозиции помогает преодолеть трудности, возникающие при реализации двойственного метода решения задачи (1).

Для построения квазидекомпозиции фундаментальной матрицы решений её значения  $f_{i,q(m+1)+1}(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $q = \overline{0, q^*}$ , были представлены интерполяционными многочленами Лагранжа  $p(t)$ ,  $t \in T$ , степени  $P$  на интервалах  $[t_* + (\tau-1)h_s, t_* + \tau h_s]$ ,  $\tau = \overline{1, \tau^*}$ ,  $h_s = (t^* - t_*)/\tau^*$ .

Была написана программа, реализующая процедуру квазидекомпозиции фундаментальной матрицы решений задачи оптимального управления нагревом стержня.

**В. Ю. Коноплев, Л. А. Цурганова**

(ГГУ им. Ф. Скорины)

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

В настоящей работе рассматривается плита на неоднородном линейно-деформируемом грунтовом основании как единая пространственная система. Нагрузка на плиту берется вертикальная, равномерно распределенная. Математическая модель системы «Плита – грунтовое основание» включает геометрическую, структурную, механико-математическую модели, краевые условия и условия равновесия системы.

Геометрическая модель представляет собой прямоугольный параллелепипед, размеры которого определяются нулевыми перемещениями на его гранях. Механико-математическая модель системы: для основания  $\sigma_i = E_i \varepsilon_i$ , для плиты  $\sigma_i = E' \varepsilon_i$ ,  $E' \gg E_i$ ,  $E' \gg E_i$ , где  $E^3$  – мо-

дуть упругости плиты,  $E_i$  – значения модулей упругости основания, описывающих структурную модель,  $\sigma_i, \varepsilon_i$  – интенсивности напряжений и деформаций. Краевые условия области определения системы «плита-основание»: перемещения на всех гранях, кроме верхней равны нулю, на верхней грани области определения на поверхности плиты задается внешняя нагрузка. Условия равновесия системы основываются на принципе минимума полной энергии рассматриваемой системы.

Для описания объектов дискретной системы «Фундаментная плита – грунтовое основание» созданы следующие классы:

— описание узловых точек расчетной области, включающее номер, координаты, принадлежность к границе, наличие нагрузки и информацию для интерфейса, и методы задания и/или выбора нагрузки, задания координат точки, прорисовки точки, проверки принадлежности точки конечному элементу;

— описание конечных элементов с заданием их характеристик: модуля упругости и коэффициента Пуассона, информация для рисования конечного элемента и номер элемента. Этот класс содержит методы доступа к своим полям, а также методы прорисовки конечного элемента, определения его площади;

— описание информации, связанной с матрицей жесткости: размеры дискретной решетки расчетной области по осям, количество узлов, количество конечных элементов, размер матрицы, количество узлов приложения нагрузки. Методы этого класса: установка граничных узлов, номеров узлов и их координат, метод прорисовки расчетной области, построения матрицы жесткости, получение информации о выбранном конечном элементе, учет граничных условий в матрице жесткости, решение системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.

**М. В. Кулагина**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА  
ПОСТРОЕНИЯ МНОЖЕСТВА НЕПОДВИЖНЫХ  
ИНДЕКСОВ В ЗАДАЧАХ ПОЛУБЕСКОНЕЧНОГО  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ С МНОГОМЕРНЫМ  
МНОЖЕСТВОМ ИНДЕКСОВ**

Полубесконечная оптимизация из-за многочисленных теоретических и практических приложений является темой особого интереса [1]. В общем, задача полубесконечной оптимизации заключается в поиске минимума целевой функции  $c(x)$  на бесконечной системе ограничений, выраженной как  $f(x,t) \leq 0, \forall t \in T$ , где  $T$  – некоторое компактное множество индексов.

Ставится задача исследования условий оптимальности для выпуклых задач полубесконечного программирования, которые отличаются от традиционных и могут быть сформулированы без дополнительных предположений, таких как условие Слейтера или другие условия регулярности.

Один из подходов решения данной задачи основывается на концепции неподвижных индексов и их порядков неподвижности [2]. Суть данного подхода заключается в описании и обосновании конечного алгоритма построения неподвижных индексов и их порядков неподвижности, которые представляют собой объективные и важные характеристики допустимого множества выпуклых задач полубесконечного программирования. Это позволяет сформулировать необходимые и достаточные условия оптимальности для этих задач с точки зрения условий оптимальности для определенных конечномерных задач нелинейного программирования без каких-либо условий регулярности, которым должна удовлетворять данная задача.

Следовательно, разработанный алгоритм может быть использован для проверки, удовлетворяют ли условиям регулярности ограничения выпуклой задачи полубесконечного программирования.

### Литература

1. Hettich, R. Semi-infinite programming: theory, methods and applications / R. Hettich, K.O. Kortanek // SIAM Rev. – 1993. – Vol. 35, – P. 380 – 429.
2. Kostyukova, O.I, Tchemisova, T.V, Yermalinskaya S. A. On the algorithm of determination of immobile indicies for convex SIP problems / O.I. Kostyukova, T.V. Tchemisova, S. A. Yermalinskaya // Int. J. Appl. Math. Stat. – 2008. – Vol. 13, № J08. – P. 13 – 33.

**В. А. Куренёв, С. В. Аникеев**  
(ВА, Минск)

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АДАПТИВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ КООРДИНАТ

Синтез проводится методом оптимальной нелинейной фильтрации [1]. Представлена методика составления уравнений, получения структуры измерителя и оценки его потенциальной точности при фильтрации координат цели наблюдаемой на фоне белых шумов. Математическая модель разработана средствами системы визуального моделирования SIMULINK, входящей в состав универсального математического пакета MATLAB.

Применяя адаптивный байесов подход [2] и считая априорную неопределенность относительно наличия сигнала параметрической, проведен синтез многофункциональной системы, способной осуществлять адаптивную фильтрацию координат в условиях указанной неопределенности, и тем самым уменьшать время, в течение которого в качестве текущих оценок используются априорные данные.

Адаптивный измеритель координат включает в себя собственно измеритель (канал фильтрации), экстраполятор и комплексированный с ними идентификатор состояний воздушной обстановки. Результирующие оценки координат цели на выходе системы образуются путем весового суммирования фильтрационных и экстраполяционных оценок, а в качестве весов используются значения апостериорных вероятностей состояний воздушной обстановки, вычисляемые идентификатором на основе наблюдений. Для функционирования измерителя не требуются априорные данные об интенсивностях переходов воздушной обстановки из состояния в состояние, что существенно упрощает структуру системы измерения и идентификации.

Измеритель представляет собой двухканальную (по числу возможных состояний) систему, формирующую оценки  $\hat{x}^{(0)}(t)$  и  $\hat{x}^{(1)}(t)$ . Схема многоканального измерителя, реализованного в виде (16), показана на рисунке 1. Выходы измерителей фиксированной структуры комплексировуются с помощью идентификатора, обеспечивающего весовое суммирование оценок  $\hat{x}^{(0)}(t)$  и  $\hat{x}^{(1)}(t)$  с учетом апостериорных вероятностей состояний  $P_0(t)$  и  $P_1(t)$ .

Идентификатор на основе наблюдений  $y(t)$  и оценочных значе-

ний компонент вектора  $x^{(1)}(t)$  формирует на своем выходе подынтегральное выражение логарифма отношения правдоподобия  $\Delta F(y, \hat{x}^{(1)}(t))$  для состояния  $\theta = 1$  и обеспечивает вычисление апостериорных вероятностей состояний  $P_0(t)$  и  $P_1(t)$ .

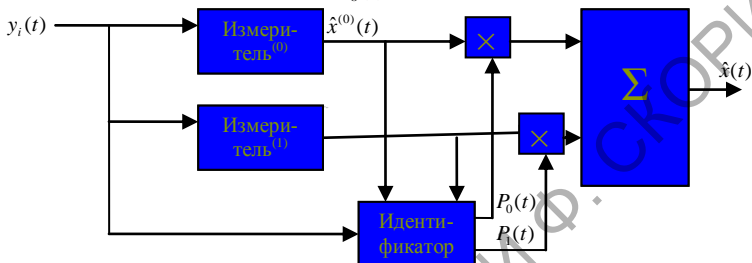


Рисунок 1 – Схема адаптивного активного измерителя

В процессе работы измерителя при наличии полезного сигнала цели происходит изменение апостериорных вероятностей состояний (максимизация  $P_1(t)$  и минимизация  $P_0(t)$ ), а точность фильтрации компонент вектора  $x(t)$  в установившемся режиме полностью определяется точностью работы канала фильтрации  $x^{(1)}(t)$ . Таким образом, использование идентификатора наличия цели позволяет реализовать алгоритм совместного обнаружения и оценивания в многофункциональных системах.

Разработана методика оценки потенциально достижимой точности измерения, основанная на замене апостериорных слагаемых в уравнениях оптимальной нелинейной фильтрации их статистическими эквивалентами. Приведены результаты, характеризующие точность фильтрации в переходном и установившемся режимах.

### Литература

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
2. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов.- М.: Сов. радио, 1978.
3. Гультяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс.- СПб.: Питер, 2000.

**И. А. Лепесий, Н. А. Никанчик**  
(ВА, Минск)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ВЕЩЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПОДВОЗА**

На сегодняшний день актуальным является создание совершенной системы вещевого обеспечения в Вооруженных Силах Республики Беларусь. Рассматривается вопрос централизованного подвоза вещевого имущества в воинские части и соединения оперативных и оперативно-тактических командований, а также отдельных частей Центрального подчинения. Данное преобразование значительно сократит расходы на перевозку, разгрузит складские помещения центра обеспечения и ускорит процесс получения вещевого имущества воинскими частями и соединениями.

Для оптимального плана подвоза вещевого имущества следует применить математический расчет. Одним из таких расчетов будет являться транспортная задача с применением симплекс-метода решения. С ее помощью можно рассчитать оптимальный план перевозок грузов из пунктов отправления в пункты потребления с минимальными затратами на перевозки.

Данная проблема по перевозкам была впервые формализована французским математиком Гаспаром Монжем в 1761 году. Основное продвижение было сделано на полях во время Второй Мировой войны советским математиком и экономиком Леонидом Канторовичем. Поэтому эта проблема называется транспортной задачей Монжа-Канторовича.

Для создания системы централизованного подвоза необходимо рассмотреть варианты использования складской базы воинской части Министерства обороны Республики Беларусь. Наиболее оптимальные варианты засчитать в группу возможных отправителей, а все части, включая выбранные, рассмотреть как потребителей. Применяв математический расчет транспортной задачи, получим результат, который будет удовлетворен условию минимальной суммарной стоимости перевозки.

Таким образом, использование системы централизованного подвоза позволит сэкономить денежные средства, снизит нагрузку на складские помещения, облегчит ведение учета по вещевой службе, повысит эффективность вещевого обеспечения военнослужащего каждой воинской части Вооруженных Сил Республики Беларусь.

**Ж. М. Луд**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

## **ОСАДКИ ОДИНОЧНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СВАИ В СЛОЖНОМ НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается цилиндрическая свая на нелинейно-деформируемом грунтовом основании, содержащем включения пониженной несущей способности. На сваю действует равномерно распределённая нагрузка. Исследуем влияние включений пониженной несущей способности на осадку сваи и способы уменьшить это влияние на осадку. В этой работе для исследования выше описанной нелинейной системы будет использоваться метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании системы использовались следующие физико-математические характеристики. Модуль упругости сваи  $E=40000$  МПа ( $400000 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости грунта  $E=27$  МПа ( $270 \text{ кг/см}^3$ ). Коэффициент Пуассона для сваи  $\mu=0,1$ , для грунта  $\mu=0,28$ . На сваю действует нагрузка  $2$  кН.

Для исследования было построено 12 модельных задач, которые рассматриваются в описанной выше дискретизированной области. Рассматриваются 3 вида цилиндрических свай разного диаметра, для получения оптимального определения толщины сваи и 3 различных видов грунтового основания с торфяными включениями. На основе полученных данных можно сказать, что слишком узкий диаметр цилиндрической сваи приводит к её деформации при обилии торфяных включений, но оптимален в однородном грунте и в грунте с малой долей торфяных включений.

Полученные данные могут применяться в строительстве зданий. В случаях, когда в грунтовом основании присутствует небольшое количество торфяных включений можно использовать сваи более узкого диаметра, тем самым сэкономить средства и материалы. В случае обильных торфяных включений следует использовать наиболее прочные сваи с более широким диаметров.

**А. В. Мельникова, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С НЕФИКСИРОВАННЫМ КОНЕЧНОМ СОСТОЯНИЕМ**

Рассмотрим линейную задачу оптимального управления:

$$\begin{aligned} J(u) &= c'x(t) \rightarrow \max, \\ x(t+1) &= Ax(t) + bu(t), \quad x(0) = x_0, \\ g_* &\leq Hx(t) \leq g^*, \\ f_*(t) &\leq u(t) \leq f^*(t), \quad t \in T = \{0, 1, \dots, t^* - 1\} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $x(t) \in R^n$ ,  $u(t) \in R$ ,  $t \in T$ ;  $A \in R^{mn}$ ;  $H \in R^{mn}$ ,  $\text{rank} H = m$ ;  $c$ ,  $b$ ,  $g_*$ ,  $g^*$  – заданные векторы соответствующих размеров,  $f_*(t)$ ,  $f^*(t)$ ,  $t \in T$  – заданные функции;

Понятия допустимого, оптимального, субоптимального управлений и соответствующих им траекторий вводятся стандартно.

Задача (1) эквивалентна задаче

$$\begin{aligned} \sum_{t \in T} c(t)u(t) &\rightarrow \max, \\ \bar{g}_* &\leq \sum h(t)u(t) \leq \bar{g}^*, \\ f_*(t) &\leq u(t) \leq f^*(t), \quad t \in T, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $c(t) = c'F(t^*, t)b$ ,  $h(t) = HF(t^*, t)b$ ,  $\bar{g}_* = g_* - HF(t^*, -1)x_0$ ,  $\bar{g}^* = g^* - HF(t^*, -1)x_0$ ,  $F(t^*, t)$  – фундаментальная матрица решений системы  $x(t+1) = Ax(t)$ .

Опорой задачи (1) назовём совокупность  $K_{on} = \{I_{on}, T_{on}\}$  двух множеств  $I_{on} \in I$ ,  $T_{on} \in T$ ,  $|I_{on}| = |T_{on}|$ , для которой матрица  $P_{on} = (H(I_{on}, J)F(t^*, t)b, t \in T_{on})$  неособая.

Получена формула приращения критерия качества

$$\Delta J(u) = - \sum_{t \in T_H} \Delta(t) \Delta u(t) + \sum_{s \in I_{on}} v(s) \omega(s),$$

где

$$\begin{aligned} \omega(I_{on}) &= (H(I_{on}, J)F(t^*, t)b \Delta u(t), t \in T_{on}) (\Delta u(t), t \in T_{on}) \\ &+ (H(I_{on}, J)F(t^*, t)b \Delta u(t), t \in T_H) (\Delta u(t), t \in T_H); \\ \omega_*(I_{on}) &\leq \omega(I_{on}) \leq \omega^*(I_{on}); \quad T_H = T \setminus T_{on} \end{aligned}$$

где  $\Delta u(t) = \bar{u}(t) - u(t)$ ,  $t \in T$  – приращение управления.

Сформулирован критерий оптимальности для задачи (2).

**А. А. Михалковский**  
(ВА, Минск)



## **ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА РАБОТЫ МНОГОМОДЕЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ С МЕЗОБЗОРНОЙ ПАМЯТЬЮ ГИПОТЕЗ С УЧЕТОМ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ С ПОСТОЯННОЙ УГЛОВОЙ СКОРОСТЬЮ**

Актуальность задачи надежного сопровождения воздушных целей повышается в последнее время в связи с совершенствованием маневренных возможностей современных и перспективных летательных аппаратов (ЛА) [1, 2]. Одним из вариантов улучшения характеристик сопровождения является использование многомодельный измерители с межобзорной памятью гипотез.

Многомодельный измерители с межобзорной памятью гипотез вводятся как вариант квазиоптимальной адаптивной байесовской фильтрации [1, 2]. От предыдущего шага измерения на текущий передается фиксированное число гипотез с учетом вероятностей их взаимного перехода. Существенное снижение канальности обеспечивается также сочетанием фильтров, отличающихся видами моделей движения.

Данный измеритель представляет собой совокупность из  $N$  дискретных калмановских фильтров, настроенных на разные модели движения цели, и работающих параллельно.

В докладе будут представлены структурная схема и результаты моделирования многомодельного измерителя с межобзорной памятью гипотез с учетом модели движения с постоянной угловой скоростью движения, приведен сравнительный анализ многогипотезного измерителя с межобзорной памятью гипотез с учетом модели движения с постоянной угловой скоростью и без учета её.

### **Литература**

1. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. Киев, 2000.
2. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. М., 1993.
3. Горшков С.А., Солонар А.С., Крикливый М.В. Сравнительный анализ ошибок измерения калмановского и многогипотезного фильтров с объединением на входе. Доклады БГУИР, том 1, №3, 2003.

**П. И. Оргиш**

(ВА, Минск)

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПЕРЕДАЮЩЕЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ MIMO РЛС

В последнее десятилетие, как в зарубежной, так и в отечественной литературе активно развивается такое направление в радиолокации, как MIMO (Multiple Input – Multiple Output) РЛС [1], [2]. В самом общем смысле под MIMO радиолокационной системой (см. рис. 1) понимается совокупность  $K$  передающих элементов (позиций), излучающих  $K$  взаимно ортогональных сигналов  $u_i(t, \theta)$ ,  $i = \overline{1, K}$ , и  $L$  приемных элементов (позиций), обеспечивающих одновременный прием и обработку аддитивной суммы этих сигналов  $m(t, \theta) = \sum u_i(t, \theta)$  [2].

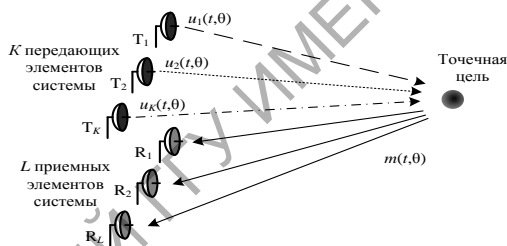


Рисунок 1 – Общий принцип MIMO РЛС

Излучение каждым элементом АР своего взаимно ортогонального сигнала, приводит к тому, что диаграмма направленности антенны (ДНА) на передачу совпадает по форме с диаграммой одного элемента АР [2]. При этом, форма передающей ДНА, определяемая пространственно-временной структурой аддитивной суммы излученных квазиортогональных сигналов, усредненной в течение длительности импульса, не всегда соответствует ДНА одного элемента АР.

В докладе проводится анализ формы передающей ДНА в зависимости от характеристик системы зондирующих квазиортогональных сигналов, типа излучателя, а также геометрического расположения передающих элементов АР.

## Литература

1. Черняк, В.С. О новом направлении в радиолокации: ММО РЛС / В.С. Черняк // Прикладная радиоэлектроника. – 2009. – №7. – С. 34-46.
2. Jiane Li. ММО radar signal processing / Jiane Li, Petre Stoica. – New Jersey: A John Wiley & sons inc., 2009. – 448 p.

**Е. А. Полховская, А. В. Лубочкин**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **СТАБИЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ МАЯТНИКА С ДВУМЯ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ УПРАВЛЕНИЯМИ МИНИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

Рассматривается задача стабилизации неустойчивых положений равновесия нелинейной модели математического маятника, управляемого с помощью горизонтальных перемещений точки подвеса:

$$\ddot{x} - \sin x + u \cos x = 0, \quad z(0) = (x(0), \dot{x}(0)) = z_0 = (x_{10}, x_{20}), \quad (1)$$

где  $u = u(t)$  – ускорение точки подвеса в момент  $t$ .

Как известно, неустойчивыми состояниями равновесия системы (1) при  $u = u(t) \equiv 0, t \geq 0$ , на фазовой плоскости  $z = (x, \dot{x})$  являются точки

$$z^k = (x = 2k\pi, \dot{x} = 0), \quad k \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Для исследования поведения нелинейной системы (1) вводится кусочно-линейная и кусочно-постоянная аппроксимации нелинейностей, что позволяет решать задачу стабилизации при любых начальных возмущениях и любых движениях маятника.

Обратную связь  $u = u(z) = u(x, \dot{x}), z \in \mathbb{R}^2$ , назовем ограниченной дискретной (с периодом квантования  $\nu > 0$ ) стабилизирующей в области  $G \in \mathbb{R}^2$  для состояния равновесия (2), если: 1)  $u(z^k) = 0$ ; 2)  $|u(z)| \leq L, z \in G$ ; 3) траектория замкнутой системы  $\ddot{x} - \sin x + u(z) \cos x = 0, z(0) = z_0 \in G$ , представляет собой непрерывное решение уравнения (1) с управлением  $u(t) = u(k\nu), t \in [k\nu, (k+1)\nu[$ ,  $k = 0, 1, \dots$ ; 4) решение  $x(t) = 2k\pi, t \geq 0$ , замкнутой системы асимптотически устойчиво, и  $G$  – область притяжения состояния равновесия  $x = 2k\pi$ .

Для построения указанной обратной связи используется реализация в режиме реального времени позиционного решения следующей

задачи оптимального управления

$$B_\theta(z) = \min_{\rho} \rho, \quad \ddot{x} - a(x) + b(x)u = 0, \quad (x(0), \dot{x}(0)) = z \quad (3)$$

$$(x(\theta), \dot{x}(\theta)) = z^k, \quad |u(t)| \leq \rho, \quad t \in [0, \theta],$$

где  $0 < \theta = N\nu < \infty$  ( $N$  – натуральное число) – параметр метода;  $a(x)$ ,  $b(x)$ ,  $x \in R$  – кусочно-линейная и кусочно-постоянная аппроксимации нелинейных элементов  $\sin x$ ,  $\cos x$  соответственно. При этом минимум в задаче (3) берется не только по  $u$ , но и по моментам переключения указанных аппроксимаций с одного участка на другой. Задачи (3), рассматриваемые в классе кусочно-постоянных функций с периодом квантования  $\nu > 0$ , будут эквивалентны близким задачам линейного программирования переменной структуры. Построенные стабилизаторы программно реализованы, просчитаны тестовые примеры.

**И. В. Резников, Т. А. Савицкая**

*(БГУ, Минск)*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТИЦЫ ГИДРОФОБИЗОВАННОГО ЛИГНИНА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

Ранее нами было показано, что дисперсии лигнина в нефти и нефтепродуктах в зависимости от концентрации лигнина являются либо свободно- либо связнодисперсными системами [1]. Определение состава отдельных частиц лигнина или их агрегатов, объединенных в пространственный каркас, пустоты которого заполнены лигнином, традиционными методами затруднительно. Поэтому было сделано предположение о возможности использования компьютерного анализа микрофотографий для определения состава композиций лигнин-нефтепродукт, в качестве которого в данной работе использовали дизельное топливо. Мы исходили из того, что цифровая фотография – это последовательность цифровых данных. Каждый пиксель может быть представлен в виде одного из  $2^{24}$  цветов. Человеческий глаз не различает такое обилие оттенков в связи с чем встает вопрос об использовании цифровых фотографий, как достаточно точном методе определения.

В качестве объектов исследования были использованы срезы агрегатов лигнина в дизельном топливе. Диагональ фотографии была выбрана для выполнения исследования (рисунок 1):



Рисунок 1 – Схематическое изображение среза частицы

Вдоль диагонали АВ (рисунок 1) на равных кратких промежутках были выделены пиксели. Превалирующим цветом из имеющихся трех оказался красный (R) на всем промежутке АВ. Было выдвинуто предположение о зависимости показателя R от массовой доли лигнина, по аналогии с законом Бугер. В итоге была получена система уравнений, решением которой стали значения массовых долей в каждом из слоев агрегата. Подобное исследование было проведено еще с рядом фотографий и сделан вывод о варьировании количества концентрических слоев и массовых долей лигнина в них. Данный факт объясняется особенностями строения агрегата. Независимо от количества концентрических слоев, массовая доля лигнина в последнем, наиболее насыщенном слое, по результатам исследования на всех фотографиях изменялась в малых пределах. Был сделан вывод о достижении насыщенного состояния в данной области. Таким образом, была создана математическая модель агломерированной частицы, пригодная для дальнейшего прогнозирования физико-химических свойств дисперсий лигнина в дизельном топливе. Проведено сопоставление состава композиций лигнина с нефтепродуктом с их реологическими свойствами.

### Литература

1. Савицкая, Т.А. Реологические свойства дисперсных систем на основе гидрофобизованного лигнина и нефти. / Т.А. Савицкая, И.В. Резников, В.А. Щеглов, Н.Г. Цыганкова, Г.М. Тельшева, Д.Д. Гриншпан // Инженерно-физический журнал. – 2012. – Т. 85, № 3. – С. 611–616.

**Т. Н. Сакович**

*(ГроГУ им. Я. Купаль, Гродно)*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАбельНОСТИ  
РИТМА СЕРДЦА С ПОМОЩЬЮ НЕПРЕРЫВНОГО**

## ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Метод анализа variability ритма сердца (ВРС) основан на распознавании и измерении интервалов между R-зубцами (R-R интервалами) электрокардиограммы, построении динамических рядов кардиоинтервалов и последующем анализе полученных числовых рядов различными математическими методами. Одним из таких методов является исследование периодических составляющих (частотный метод). Этот метод в первую очередь подразумевает применение классического Фурье-анализа. Мы предлагаем применить более новый механизм исследования частотной составляющей R-R интервалов – непрерывное вейвлет-преобразование.

Будем считать, что равномерный временной ряд задан значениями  $x_k = x(t_k), t_k = \Delta tk, k = 0, 1, \dots, N - 1$ , где  $\Delta t$  – шаг выборки,  $N$  – число точек ряда.

Для оценки непрерывного вейвлет-преобразования определим выражение:

$$\hat{W}(a_i, b_j) = \frac{1}{n(a_i, b_j)} \sum_{k=0}^{N-1} x_k \psi^* \left( \frac{t_k - b_j}{a_i} \right), \quad (1)$$

где  $n(a_i, b_j) = \sum_{k=0}^{N-1} \ell^{\frac{-1}{B} \left( \frac{t_k - b_j}{a_i} \right)^2}$ , параметр  $B$  зависит от выбора анализирующего вейвлета. Эта функция вычисляется на дискретном множестве значений аргументов  $a_i, b_j \in R, i = 0, \dots, N_a - 1; j = 0, \dots, N_b - 1$ . Существуют различные способы дискретизации параметров  $a$  и  $b$ .

Параметр  $a$  определяет размер вейвлета и называется масштабом. Его аналогом в Фурье-анализе является период. Параметр  $b$  задает временную локализацию и называется сдвигом. Он не имеет аналога в Фурье-преобразовании. В вейвлет-анализе эти два параметра рассматриваются как независимые переменные, что позволяет получить двумерную развертку (частота, координата) одномерного сигнала.

С помощью разработанного программного обеспечения в математическом пакете «Mathematica 5.0», оценка (1) применяется к анализу R-R интервалов. Строятся двумерные и трехмерные «вейвлет-портреты» исследуемого ряда, которые позволяют анализировать внутреннюю структуру, выявлять присутствие частотной неоднородности процесса, что классический анализ Фурье сделать не может.

## Литература

1. Яковлев А. Н. Введение в вейвлет-преобразования: Учеб. пособие / Новосибирск: НГТУ, 2003. – 104 с.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.

**Д. А. Сеница, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЗАДАНЫХ ДВИЖЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

В классе ограниченных управлений ( $|u(t)| \leq L, t \geq 0$ ) рассмотрим динамическую систему

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0 \quad (1)$$

$$(x \in R^n, u \in R; \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n).$$

Наряду с уравнением (1) рассмотрим движение на фазовой плоскости  $x = x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , заданное кусочно-гладкой функцией  $x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ . Будем говорить, что движение  $x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , осуществимо, если существует такое доступное управление  $u_f(t)$ ,  $t \geq 0$ ,  $|u_f(t)| \leq L$ , что  $\dot{x}_f(t) = Ax_f(t) + bu_f(t)$ ,  $t \geq 0$ . Пусть  $G \subset R^n$  – такая область фазового пространства системы (1), что  $x_f(t) \in \text{int} G$ ,  $t \geq 0$ .

Функцию

$$u = u(t, x), \quad x \in G, \quad t \geq 0,$$

назовем ограниченной дискретной (с периодом квантования  $\nu > 0$ ) обратной связью, осуществляющей движение  $x = x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , если: 1)  $u(t, x_f(t)) = u_f(t)$ ,  $t \geq 0$ ; 2)  $|u(t, x)| \leq L$ ,  $x \in G$ ,  $t \geq 0$ ; 3) траектория замкнутой системы  $\dot{x} = Ax + bu(t, x)$ ,  $x(0) \in G$ , представляет собой непрерывное решение уравнения (1) с управлением  $u(t) = u(k\nu, x(k\nu))$ ,  $t \in [k\nu, (k+1)\nu[$ ,  $k = 0, 1, \dots$ ; 4) решение  $x = x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , замкнутой си-

стемы асимптотически устойчиво в  $G$ . Синтез указанных обратных связей  $u = u(t, x)$ ,  $x \in G$ ,  $t \geq 0$ , составляет суть задачи осуществления движения. При этом с точки зрения практики естественно потребовать, чтобы дополнительно: 5) область притяжения  $G$  осуществляемого движения была достаточно большой; 6) переходные процессы в замкнутой системе были в некотором смысле наилучшими (по отношению к выбранному критерию качества). Поэтому для решения указанной проблемы естественно использовать методы оптимального управления. Здесь с этой целью используется реализация в режиме реального времени позиционного решения следующей вспомогательной задачи оптимального управления:

$$B_\theta(\tau, z) = \min \int_\tau^{\tau+\theta} (u(t) - u_j(t))^2 dt, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(\tau) = z, \\ x(\tau + \theta) = x_j(\tau + \theta), \quad \tau \geq 0; \quad |u(t)| \leq L, \quad t \in T = [\tau, \tau + \theta]. \quad (2)$$

Задачи (2), рассматриваемые в классе кусочно-постоянных функций с периодом квантования  $\nu > 0$ , будут эквивалентны близким задачам линейно-квадратичного программирования. Обосновывается алгоритм работы регулятора, вырабатывающего в режиме реального времени реализацию обратной связи, осуществляющей заданное движение. Работа построенного таким образом регулятора программно реализована, просчитан ряд тестовых примеров.

**А. И. Сурмач**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **ПОСТРОЕНИЕ СОСТОЯТЕЛЬНЫХ КЛАССИЧЕСКИХ ОЦЕНОК СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ**

Для того, чтобы построить состоятельную классическую оценку спектральной плотности, были смоделированы нормально распределённые случайные величины (с помощью генератора случайных чисел в пакете Excel). Далее, используя полученные реализации случайных величин, по формулам

$$X(t) = \sum_{j=1}^p \beta_j X(t-j) + \varepsilon(t),$$

$X(t) = \sum_{k=0}^q \alpha_k \varepsilon(t-k)$ ,  $\alpha_0 = 1$ , моделировались процессы AR(1) и MA(1). Для

смоделированных процессов в СКА Mathematica построена расширен-



ная периодограмма по формуле  $I_T^{(h)}(\lambda) = \frac{1}{2\pi H_2^{(T)}(0)} d_T(\lambda) d_T(-\lambda)$  с раз-

личными окнами просмотра данных и состоятельная классическая оценка спектральной плотности, полученная путём осреднения расширенной периодограммы спектральными окнами. Ниже приведены результаты: Рис. 1 – Реализация процесса AR(1),  $T=256$ ,  $\beta_1 = 0.7, \varepsilon_1 \sim N(0,1)$ ; Рис. 2 – Расширенная периодограмма для окна просмотра данных Рисса, Бохнера, Парзена; Рис. 3 – состоятельная классическая оценка спектральной плотности с параметром  $W \approx 22$ .

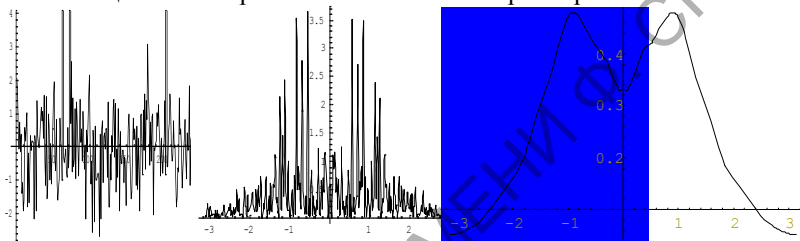


Рисунок 1

Рисунок 2

Рисунок 3

Таким образом, получены практические результаты в области спектрального анализа случайных процессов, которые решают задачу построения состоятельных оценок спектральных плотностей стационарных случайных процессов с дискретным временем.

### Литература

1. Журбенко, И. Г. Спектральный анализ стационарных случайных процессов / И.Г. Журбенко, Н.Н. Труш. – Вестник БГУ. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. , 1981. – №1. – 147 с.
2. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 756 с.
3. Дьяконов, В. Mathematica 5.1/5.2/6. Программирование и математические вычисления процессов / В. Дьяконов. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 574 с.

**О. В. Сухоруков**  
(ПГУ, Полоцк)

## БИТОВЫЙ КОД ПРОЦЕССА АРИФМЕТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ «ДЕЛЕНИЕ»

Деление состоит из ряда сдвиговых операций, результаты которых суммируются. Делитель влияет лишь на чередование знаков элементов ряда, от самой операции деления «абстрагирован» [1]. Число разрядов делимого плюс число дополнительных разрядов дробной части (точность вычисления) указывает на оптимальное количество сдвиговых итераций.

Если последовательно записать знаки («плюс/минус») всех элементов ряда и заменить их на единицы и нули соответственно, то полученная последовательность битов сформирует двоичный код ряда. Двоичный код ряда будет ничем иным как маской отклонения функции изменения делителя  $f_n$  относительно оси  $2^n$ .

$$f_n = 2f_{(n-1)} + p_n \cdot y, \text{ где } \begin{cases} f_1 = y, \\ p_n = 1, \text{ при } f_{(n-1)} < 2^{(n-1)}, \\ p_n = (-1), \text{ при } f_{(n-1)} \geq 2^{(n-1)}. \end{cases}$$

Промежуточные значения  $f_n$  выше оси  $2^n$  формируют биты, равные единицы, а ниже оси – равные нулю. Двоичный код ряда имеет три основных зоны: «заголовок», «период» и «зона повторения периода». Используя индивидуальные особенности каждой из зон кода, а также применяя методы быстрого формирования фрагмента кода необходимой длины, можно использовать двоичный код ряда в быстрых методах обработки большого количества данных, а также в методах получения результата деления, превосходящих по своим характеристикам (простота, скорость, точность) существующие методы получения аналогичных результатов [2, с. 38-40].

### Литература

1. Сухоруков О.В. Разложение арифметической операции «деление» в ряд побитовых сдвигов / О.В. Сухоруков // Вестник полоцкого государственного университета. Серия С «Фундаментальные науки», 2012 г., № 12, с. 34-40.
2. Ю.А. Луцик, И.В. Лукьянов, Арифметические и логические основы вычислительной техники: Учеб. пособие для студ. спец. «Вычислительные машины, системы и сети» всех форм обуч. / Ю.А. Луцик, И.В. Лукьянов –

Е. В. Томило, Ю. В. Василевич

(БНТУ, Минск)

## РАСЧЁТ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ЛИСТОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ РЕССОРЫ

При аналитическом определении геометрии и конструктивных параметров, рессора представляется как балка равного сопротивления. Это балка постоянной толщины с шириной, изменяющейся по линейному закону. Или постоянной ширины с толщиной, изменяющейся по параболическому закону. Эти два подхода реализованы при проектировании много и малоллистовых рессор. Условие, определяющее форму такой балки, получено из условия прочности

$$\sigma_{\max} = \text{const} = \frac{M_z(x)}{W_z(x)} \leq [\sigma],$$

где  $\sigma_{\max}$  – максимальное нормальное напряжение,  $[\sigma]$  – допустимое напряжение,  $M_z$  – изгибающий момент и  $W_z$  – момент сопротивления сечения. Рессора, рассматриваемая как балка постоянной толщины с шириной, изменяющейся по линейному закону, имеет форму ромба (рисунок 1). При этом, так как подобная конструкция крайне неудобна в эксплуатации, поступают следующим образом. Представим, что лист рессоры разделен на узкие полоски. Если расположить эти полоски не рядом друг с другом, а одна над другой, то работа такой балки не изменится, а ее конструкция станет более компактной.

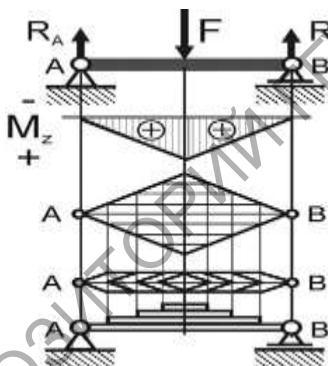


Рисунок 1 – Рессора как балка равного сопротивления

Листовая рессора на косых подвесках. Этот случай практически наиболее важен из-за своей универсальности. При анализе напряжений

и деформаций рессоры на косых подвесках было получено уравнение прочности рессоры на изгиб, простые аналитические зависимости для определения для стрелы прогиба, её гибкости и количества листов в упругом элементе при заданных условиях эксплуатации.

В результате аналитических расчётов для рессоры подвески заднего моста грузового микроавтобус определено необходимое количество листов (5 шт) и её прогиб т.е. ход рессоры (70мм), обеспечивающие необходимые условия эксплуатации.

**К. И. Холяво**

*(ГрГУ им. Я.Купалы, Гродно)*

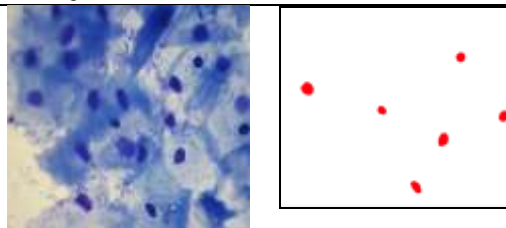
**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ВЫДЕЛЕНИЯ ЯДЕР НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ  
ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ  
МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, ЯРКОСТНЫХ  
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Одним из основных элементов цитологической картины является ядро клетки. Отсюда следует, что паталогический процесс в тканях и органах возможно определить анализируя ядро. Поэтому разработан алгоритм сегментации клеточных ядер. Его основная особенность заключается в том, что он ориентирован на выделение объектов, окруженных сложным по геометрическим и оптическим характеристикам фоном. Алгоритм базируется на методах нечеткой логики и основывается на определении границ выпуклых фигур по перепадам яркости и геометрическим характеристикам [1].

Работа алгоритма включает три основных этапа:

- нахождение затемненных участков на изображении гистологического препарата, опираясь на перепады яркости и применяя линейную фильтрацию по их размеру [2];
- определение точных координат центров найденных участков, с целью подготовки списка анализируемых объектов;
- фильтрация выбранных объектов исходя из формы, площади, гладкости и текстуры объектов найденных на предыдущих этапах работы программы.

Результат работы алгоритма сегментации клеточных ядер представлен на рисунке 1 а, б.



а

б

Рисунок 1 – Пример работы алгоритма сегментации клеточных ядер  
а – исходное изображение; б – бинарное сегментированное изображение

### Литература

1. Абламейко С. В., Недзведь А. М. Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине. Мн.: НАНБ ОИПИ. 2005. – 156 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р.; пер. с англ. П. А. Чочиа – Москва: Техносфера, 2005, С. 812-916.

**Ю. Н. Яшманов, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ СОСТОЯНИЙ БИФИЛЯРНЫХ ПЕРЕДАЧ

Систему двух тел, взаимодействие силами и движениями между которыми осуществляется посредством пары связывающих их гибких нерастяжимых нитей, условимся называть *бифилярной передачей*. Примером такой передачи служит взаимодействие силами и движениями между вращающимся колесом карусели и подвешенной к нему на двух цепях люлькой.

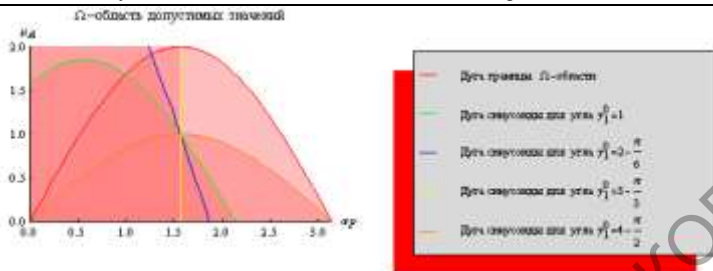


Рисунок 1 –  $\Omega$ -область допустимых значений  $(\alpha_F, \mu_A)$  для существования плоских состояний бифилярных передач и графики функции  $\mu_A = \frac{\sin(\alpha_F + \gamma^0)}{\cos \gamma^0}$ , определяющей силовые условия неизменности начальной формы четырехугольника при различных углах  $\gamma^0$ .

В настоящей работе проводится исследование стационарных состояний бифилярных передач, примером которых можно считать случай равномерного вращения тела вместе с синхронно вращающимся вокруг него другим телом, удерживаемым двумя нитями. В этой ситуации второе тело занимает позицию согласно действию гибких связей и совокупности массовых и внешних сил. Силы натяжения нитей являются реакциями, уравнивающими эту совокупность сил, зависящих от пространственного положения этого тела и от конкретных условий работы всей механической системы. Применяемый метод описания состояний и поведения изучаемой механической системы основан на применении принципа Даламбера аналитической механики. Работа данной механической системы рассматривается на примере ветротурбины с решеткой гибких лопастей на бифилярной подвеске. Все численные характеристики и графические иллюстрации (рисунок 1), касающиеся данной работы, получены в системе «Mathematica».

Из проведенных исследований вытекает, что  $\Omega$ -область не зависит от размеров и формы начального четырехугольника.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*Имитационное моделирование*

**Е. С. Аксенов, Ю. В. Развин**  
(БНТУ, Минск)

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИВОДА ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИСКОВ

Для оптических запоминающих систем принципиальным ограничением плотности записи на поверхности оптического диска является дифракционный предел, обусловленный волновой природой света и определяющий минимальный размер пятна используемого излучения в фокусе записывающей/считывающей оптической системы. Поиск новых возможностей увеличения информационной плотности записи и скорости выборки информации ведется в области голографии, которая является одним из наиболее перспективных направлений создания высокоэффективных систем записи и хранения информации на съемном (компакт) голографическом носителе.

Целью настоящей работы является моделирование и сравнение оптических схем (коллинеарного и коаксиального типов) голографической записи/считывания цифровой информации на компакт-носитель. В докладе представлены результаты выполненных расчетов, обсуждается практическое применение результатов исследования. Компьютерное моделирование выполнено с применением пакета прикладных программ MathCAD.

В работе рассмотрены физические принципы голографической записи/считывания цифровой информации на компакт-носитель (диск). Наиболее совершенными компонентами рассматриваемых устройств являются матричные фотоприемники, достигнуты определенные успе-

хи в разработках лазерных источников для данных схем. Остаются проблемными вопросы преобразования цифровой информации в голографическом канале, разработка оптических каналов, уровень контроля и помехоустойчивость голографических схем.

Проведена оценка скорости преобразования цифровой информации в голографическом канале на основе матричного жидкокристаллического ПМС. Показано, что при информационной емкости отображаемого кадра  $\sim 256 \times 256$  пикселей скорость голографической записи может достигать более  $10^6$  бит/с. Результаты данного исследования позволили разработать принципиальную схему блока управления преобразованием цифровой информации матричными модуляторами на исследуемых жидкокристаллических структурах. Предложены схемы и проведено моделирование оптических каналов голографирования на основе призматических элементов; проведена оценка виброустойчивости рассматриваемых схем. Получены предварительные результаты, позволяющие сделать вывод о перспективности данных разработок.

**О. В. Бойправ, Т. В. Борботько, А. А. Хайдер**  
(БГУИР, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ WI-FI АНТЕННЫ С КОАКСИАЛЬНЫМИ КАБЕЛЯМИ РАЗНОЙ ДЛИНЫ**

С каждым годом увеличивается количество беспроводных сетей (БС) стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi сетей), по которым осуществляется передача данных в частотном диапазоне 2,4 ГГц. БС отличаются мобильностью и простотой развертывания и поэтому используются в первую очередь в тех случаях, когда прокладка кабельной системы затруднена, недопустима или экономически нецелесообразна (например, на производственных предприятиях, имеющих распределенную структуру, в зданиях, представляющих историческую ценность и т. д.). Точки доступа БС, как правило, включают в себя четвертьволновые штыревые антенны (которые также принято называть Wi-Fi антеннами). Данные антенны имеют круговую диаграмму направленности и в силу этого способны передавать сигналы равного уровня по всем направлениям плоскости, перпендикулярной своей оси. В качестве антенных кабелей для точек доступа БС используются коаксиальные кабели (КК) волновым сопротивлением 50 Ом (в большинстве случаев



типа RG 213/U). Электромагнитные излучения (ЭМИ) штыревой антенны могут создавать на этих кабелях наводки и вызывать тем самым сбой в работе точки доступа БС.

В рамках настоящей работы в программном пакете FEKO было проведено моделирование процесса взаимодействия ЭМИ четвертьволновой штыревой антенны, работающей на частоте 2,44 ГГц, с кабелем типа RG 213/U. Антенна реализовывалась на основе провода длиной 0,028 м и диаметром сечения 2,28 мм. Значение мощности излучения антенны было установлено равным 100 мВт, расстояние от оси антенны до первого разъема подключения кабеля – 0,028 м. Длина кабеля изменялась в пределах диапазона значений 1 м...3 м с шагом 0,1 м. Вся смоделированная система была размещена над платой, изготовленной из идеально проводящего материала, которая выполняла роль рефлектора штыревой антенны. Установлено, что зависимости уровня наводок на разъемы подключения КК от длины последнего характеризуются наличием ряда точек экстремума. Наибольший уровень наводок был зарегистрирован при значении длины кабеля, равном 1,6 м, и составил 1,52 мВ на первом разьеме и 0,57 мВ на втором.

Таким образом, при развертывании БС следует учитывать длину используемых при этом КК, от которой зависят уровни возникающих на них наводок, причем данная зависимость носит нелинейный характер.

**М. Н. Воронцов**

*(ВА, Минск)*

## **КОМПЕНСАЦИЯ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ В РЛС ОБЗОРА ПОВЫШЕННОЙ СКРЫТНОСТИ**

Недостаточно изученным остается вопрос активной LPI радиолокации – обнаружение движущихся целей на фоне пассивных помех. Случайный закон модуляции (ЗМ) ШПС обладает случайной структурой боковых лепестков сжатого импульса. В этом случае может происходить снижение коэффициента межпериодной корреляции пассивных помех и, как следствие – снижаться качество их подавления. В докладе приводятся результаты математического моделирования последовательностей псевдослучайных сигналов и устройств их обработки на фоне пассивных помех для РЛС обзора.

В качестве входного сигнала была использована модель квазипрерывной последовательности взаимно ортогональных циклически

повторяющихся ЗМ на основе кодов Голда. Устройство обработки сочетает в себе внутрипериодную и междупериодную обработку (МПО) принятого сигнала. МПО складывается из когерентной компенсации мешающих отражений (КК МО), когерентного накопления полезного сигнала. Результаты моделирования устройства обработки квазиортогональных ШПС на фоне МО представлены на рис. 1.

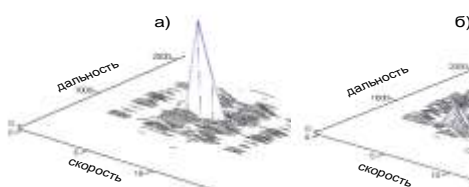


Рисунок 1 – Результаты КН в матрице «DV»: а –  $\gamma_{\text{п}}=30$  дБ; б –  $\gamma_{\text{п}}=37$  дБ

Снижение корреляция фона в соседних периодах повторения накладывает ограничения на потенциальную эффективность устройства КК МО. В дальнейшей работе предлагается рассмотрение других сложных ШПС с наиболее приемлемыми автокорреляционными и взаимно корреляционными свойствами.

### Литература

[1] 1. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп./ Ширман Я.Д., Горшков С.А., Леховицкий Д.И., Маляренко С.А., Лещенко С.П., Орленко В.М., Москвитин С.В. Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. – 512с.

2. Устройство обработки сигнала с однозначным определением дальности и радиальной скорости: пат. 8233 Респ. Беларусь, МПК G01S 13/52/ С.А. Горшков, С.Ю. Седышев, М.Н. Воронцов; заявитель УО «ВАРБ» № u20110635; заявл. 11.08.08; опубл. 12.02.15//Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – С. 4.

**Д. И. Гапеев, Е. С. Кандрукевич, И. Н. Комаров**  
(ВА, Минск)

### **ОБРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ .NET**

В настоящее время основой современных автоматизированных информационных систем, применяемых для осуществления комплекс-

ной автоматизации процессов управления войсками, является совокупность сложных моделирующих комплексов [1].

С развитием современных технологических и языковых платформ для разработки программного обеспечения, реализующих кроссплатформенность, межязыковое взаимодействие программных модулей, возникла необходимость перехода для разработки систем моделирования военного назначения на более совершенные технологии, одной из которых является платформа .NET.

Одним из основных элементов современной системы моделирования является геоинформационная система (ГИС). Для реализации основных функциональных возможностей ГИС среди существующих подходов имеет место использование компонентов GIS ToolKit Active. Данные компоненты представляет собой набор COM объектов и компонентов ActiveX, которые предназначены для использования в любой среде программирования, поддерживающей ActiveX технологию. Отличительной особенностью компонентов GIS ToolKit Active является то, что их использование не зависит от используемого языка программирования.

За счет использования компонентов GIS ToolKit Active в процессе разработки элементов системы моделирования для обработки картографической информации существенно уменьшается время разработки, повышается уровень компактности (модульности) разработанного программного обеспечения, обеспечивается кроссплатформенность и межязыковое взаимодействие с ранее разработанными модулями.

Разработанное программное обеспечение позволяет запрашивать и изменять описание отдельных объектов карты или их совокупности, выбранной по заданному критерию, отображать электронные карты местности с изменением масштаба, состава отображаемых данных и формы представления, производить необходимые расчеты, строить зоны видимости с учетом рельефа.

## Литература

1. Булойчик, В.М. Военно-прикладные вопросы математического моделирования. Основы теории математического моделирования боя и боевых действий / В.М. Булойчик. – Ч.4. – Минск: ВАРБ, 2005. – 245с.

**А. Н. Гарист, В. Е. Быховец**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ  
И ОСАДК БОЛЬШЕРАЗМЕРНЫХ ПЛИТНЫХ  
ФУНДАМЕНТОВ НА НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ  
ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ, СОДЕРЖАЩЕМ ВКЛЮЧЕНИЕ  
ПОНИЖЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

Рассматривается большеразмерный плитный фундамент на нелинейно-деформируемом грунтовом основании, содержащем включения пониженной несущей способности. На фундамент действует равномерно распределённая нагрузка. Исследуем влияние включений пониженной несущей способности на осадку фундамента и способы уменьшить это влияние на осадку. В этой работе для исследования выше описанной нелинейной системы будет использоваться метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании системы использовались следующие физико-математические характеристики. Модуль упругости фундамента  $E=40000$  МПа ( $400000 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости грунта  $E=27$  МПа ( $270 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости включения пониженной несущей способности  $E=6$  МПа ( $60 \text{ кг/см}^3$ ). Коэффициент Пуассона для фундамента  $\mu=0,1$ , для грунта  $\mu=0,28$ , для включения пониженной несущей способности  $\mu=0,44$ . На фундамент равномерно действует нагрузка 2 кН.

Для исследования было построено 10 модельных задач, которые рассматриваются в описанной выше дискретизированной области. В качестве включения пониженной несущей способности рассматривался торф на глубине 1 м, 3 м и 5 м, находящийся под фундаментом, под границей фундамента и не под фундаментом.

На основе полученных данных можно сказать, что наибольшее влияние на осадку фундамента оказывает торф, находящийся не под фундаментом; торф, находящийся под границей фундамента, оказывает меньшее влияние; наименьшее влияние на осадку фундамента оказывает торф, находящийся под фундаментом. Также полученные данные показывают, что чем больше глубина залегания торфа, тем меньшее влияние торф оказывает на осадку фундамента.

Полученные данные могут применяться в строительстве домов. В случаях, когда торф находится на достаточно большой глубине под фундаментом, или других случаях, когда на осадку фундамента оказывается минимальное влияние, можно обойтись без применения технологий улучшения устойчивости фундамента, что позволяет сэкономить деньги. В остальных случаях следует применять технологии, позволяющие уменьшить влияние торфа на осадку фундамента, например, армирование или установку свай.

**В. С. Горбачев, В. Е. Быховцев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Под системой твердых тел будем понимать конечное множество элементов и связей между ними и между их свойствами, действующими как целостное образование для достижения единой цели.

Элементы таких систем как правило отличаются своей геометрией и физико-механическими свойствами, но все элементы между собой взаимосвязаны.

Программное обеспечение для исследования таких систем должно обеспечивать все указанные свойства объекта исследования. Наиболее полно этим требованиям отвечает язык объектно-ориентированного программирования Java. Одно из достоинств этого языка является кроссплатформенность. Кроссплатформенное ПО – это ПО, функционирующее на различных операционных системах (ОС). Delphi, в свою очередь, предоставить нам такое не может. Указанными особенностями не обладает среда программирования Delphi...

Как известно в Java есть такое понятие, как «garbage collector» (Сборщик мусора). Именно он следит, чтобы в программе не было, так называемых, утечек памяти. Однако данный плюс влечет за собой некоторые неудобства, таких как использование большего количества ресурсов.

При разработке ПО часто используются базы данных (БД). В Java работа осуществляется через библиотеку простым подключением. Реализация не займёт много по времени. Причем неважно какую именно базу данных мы будем использовать, будь то MySQL, Oracle DB или DB2.

В языке Java существует обработка исключений. Она не требует больших усилий в их обработке и является довольно эффективным способом в отладке программы.

**В. А. Здоровченко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ В КАЧЕСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ**

В Республике Беларусь строится большое количество жилых домов, зданий и сооружений. Основа любого здания – это фундамент. В данной работе в качестве фундамента здания рассматривается большемерная многопустотная плита. На плиту действует равномерно распределённая нагрузка. Грунтовое основание неоднородное. Исследуем влияние пустот в плите на ее осадку и способы оптимизации структуры плиты. Для исследования поставленной задачи будем использовать метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании системы использовались следующие физико-математические характеристики. Модуль упругости фундамента  $E=40000$  МПа ( $400000 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости грунта  $E=27$  МПа ( $270 \text{ кг/см}^3$ ). Коэффициент Пуассона для фундамента  $\mu=0,1$ , для грунта  $\mu=0,28$ , на фундамент равномерно действует нагрузка 2 кН.

Для исследования было построено 10 модельных задач, которые рассматриваются в одной и той же дискретизированной области. Рассматривалась плита с 1, 2 и 3 продольными пустотами.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что у плиты с одной сплошной пустотой осадка больше, чем у плиты с двумя пустотами, но самую меньшую осадку дает плита с тремя небольшими пустотами, расположенными симметрично друг от друга. Полученные осадки не превосходят предельно допустимых значений. Экономический эффект применения многопустотных плит в качестве фундаментов зданий может составить 10-15% от общей стоимости фундамента.

Полученные данные могут применяться в строительстве домов. Использование многпустотных плит вполне применимо в строительстве и позволяет значительно сэкономить деньги.

**С. Г. Ехилевский, С. А. Ольшанников**  
*(ПГУ, Новополоцк)*  
**МЕТОД МОМЕНТОВ И ДИНАМИКА**  
**СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ**  
**ПРИ МАЛЫХ ВРЕМЕНАХ**

Представлен теоретико-вероятностный подход к моделированию динамической сорбционной активности в области Генри при малых временах. Определена экспоненциальная асимптотика дифференциальной функции распределения координаты элементарного акта сорбции, являющейся существенно случайной величиной. Развита формализм определения поправок к ней основанный на вычислении начальных моментов этой случайной величины и сведения соответствующих уравнений математической физики (учитывающих баланс связываемой примеси и кинетику сорбции) к бесконечно мерной системе линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов рекуррентных полиномов. Приводится точное решение этой системы уравнений.

**Литература**

1. Метод моментов в моделировании динамической сорбционной активности // Ехилевский С.Г., Пяткин Д.В. Материалы республиканского научно-технического семинара «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий», г. Минск, 6-7 декабря 2011 г., С. 150-153.

**С. Г. Ехилевский, Е. П. Погапенко**  
*(ПГУ, Новополоцк)*  
**НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ГРАНИЧНЫЕ**  
**УСЛОВИЯ В МОДЕЛИРОВАНИИ**  
**ДИНАМИЧЕСКОЙ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ**

Теоретически исследована проблема формирования и эволюции квазистационарного профиля концентрации  $\text{CO}_2$  в регенеративном па-

троне изолирующего дыхательного аппарата при наличии зависимости граничных условий от времени. Формирование такого профиля завершается в момент протекания первой порции воздуха через регенеративный патрон или, иными словами, в момент появления проскока  $\text{CO}_2$ . После чего начинается очень медленная эволюция концентрации  $\text{CO}_2$  в регенерируемом воздухе, связанная с постепенным изменением поглотительного ресурса патрона и содержания  $\text{CO}_2$  в поступающем на регенерацию воздухе. Приведены описывающие эту эволюцию уравнения в частных производных и развита итерационная процедура их точного решения.

### Литература

1. Ехилевский С.Г., Пяткин Д.В. Метод моментов в моделировании динамической сорбционной активности/ Материалы республиканского научно-технического семинара «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий» Минск, 6-7 декабря 2011 г., С. 150-153.

**А. И. Кипарин, А. А. Самусенко, Ю. В. Развин**

*(БНТУ, Минск)*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОЛНОЦВЕТНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ КЛАСТЕРОВ**

Широкое использование в системах обработки и отображения информации оптоэлектронных приборов на основе светоизлучающих кристаллов связано, прежде всего, с расширением элементной базы этих приборов. Малое потребление электроэнергии, простота управления, большой выбор цветов свечения, определяют перспективы использования светоизлучающих диодов (LED). Одним из путей повышения эффективности светодиодных излучателей является создание полноцветных RGB-светодиодов. Перспективы использования таких излучателей определяют актуальность исследования их электрических и световых характеристик в различных режимах работы. Целью данной работы является моделирование и исследование образцов светодиодных излучателей (кластеров), собранных по схеме RGB.

Излучающие кристаллы расположены на одной общей подложке и находятся друг от друга на расстоянии, сравнимым с размерами кри-



сталлов. Данные RGB – модули обладают рядом преимуществ по сравнению с «одночиповыми» светодиодами. В работе определены вольт-амперные и световые характеристики исследуемых излучателей, получены зависимости относительной яркости излучения от величины тока и температуры. Для определения параметров оптического излучения в работе использовался метод фотоэлектронной регистрации. Система питания, содержащая стабилизированный блок питания и электронную схему формирования электрических импульсов, позволяла реализовать режимы импульсного и постоянного питания светодиодов. Особый интерес представляют результаты, полученные в условиях значительного превышения параметров питания их номинальных значений. На собранной установке с помощью цифрового фотоаппарата проведено микрофотографирование излучающих кристаллов. Установлены характерные особенности формирования светового потока при различных уровнях питания. Для аналитического анализа поставленной задачи с использованием программного пакета MathCAD была разработана компьютерная модель светодиодного кластера.

Показано, что в такой конструкции все три кристалла имеют одинаковую температуру. Поэтому тепловые искажения их параметров происходят одновременно, независимо от разницы прямых токов, и не влияют на цветовые параметры. Получено соотношение спектральных составляющих, соответствующее наилучшему цветному восприятию изображения, формируемого исследуемыми излучателями. По результатам расчетов и эксперимента определены оптимальные режимы питания таких сборок. Показано, что интенсивности свечения каждого кристалла могут выравниваться до оптимального значения коррекцией питания.

**Ю. В. Клименко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Анализ современного состояния разработок в области исследования и проектирования технологических объектов с вероятностными характеристиками их функционирования показал, что проблема моделирования вероятностных технологических процессов состоит в недостаточной результативности методов их исследования при увеличении

количества учитываемых параметров, в особенности для тех случаев, когда структура технологического цикла изменяется в процессе функционирования объекта исследования.

Это связано, в первую очередь, с многообразием сложных технологических систем, в ходе реализации которых могут изменяться параметры их функционирования и структура технологического цикла; сложностью практических задач при оценке уровня надежности и безопасности потенциально опасных промышленных объектов; необходимостью учета человеческого фактора при выполнении работ на потенциально опасных объектах [1].

В соответствии с вышесказанным является актуальной задача обеспечения надежности и безопасности функционирования технологических процессов, а также повышение эффективности их использования. Одним из подходов на пути решения данной проблемы является проектное моделирование оптимальной структуры вероятностных технологических процессов как на стадии проектирования новых, так и при эксплуатации существующих технологических линий.

Поэтому разработка новых методов, программных средств анализа и синтеза оптимальной структуры наиболее сложных вероятностных технологических процессов, использующихся при организации работ на ответственных объектах при наличии оборудования, которое может отказывать и служить источником возникновения аварий техногенного характера, являются весьма актуальными с научной и практической точек зрения.

Разработанный подход проектного моделирования вероятностных технологических процессов позволяет: повысить надежность и безопасность производства существующих технологических систем за счет резервирования цепочек технологических операций при возникновении аварийных ситуаций; снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на производстве, на основе построения оптимальной структуры технологического цикла на стадии проектирования; обеспечить резервирование потенциально опасных технологических операций при проведении пуско-наладочных работ и монтаж технологических линий, имеющих определенный срок предварительной эксплуатации.

### Литература

1. Смородин, В.С. Синтез динамической структуры вероятностных производственных систем / В.С. Смородин // Доклады БГУИР. – 2012. – № 2(64). – С. 77–82

**А. Н. Климович**

*(БрГТУ, Брест)*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

В работе рассматриваются задачи автоматизации получения имитационных моделей (кодов, описаний моделей на языках имитационного моделирования, поддерживаемых соответствующими системами моделирования) по некоторому исходному, формальному, математическому описанию системы, ее модели. Актуальность задачи обусловлена широким использованием аппарата сетей массового обслуживания для описания и исследования объектов разной природы. Тогда можно будет использовать имеющиеся универсальные системы моделирования, предоставляя пользователям удобный и понятный интерфейс, позволяющий работать в привычной предметной области, понятийном аппарате, описывать интересующие их классы моделей.

Здесь указанная задача рассматривается применительно к автоматизации построения имитационных моделей для произвольных сетей массового обслуживания (ПСМО) – расширения сетей массового обслуживания. В частности, введены дополнительные узлы как стационарные и нестационарные (управляемые по расписанию) источники, моделирующие внешнюю среду и потоки заявок на обслуживание, узлы с дисциплинами обслуживания с учетом относительных и абсолютных приоритетов, локальные накопители узлов ограниченной емкости. Так же введены в рассмотрение “сервисные” узлы, позволяющие пользователю управлять сбором данных, обработкой результатов, обеспечивающие расчет характеристик сети в заданных пользователем временных и пространственных интервалах и с требуемой полнотой.

В качестве языка имитационного моделирования и соответствующей системы выбраны GPSS и GPSS World, что связано с удобством отображения указанных сетей в терминах блоков языка GPSS.

Система макетировалась на языке C++ в объектно-ориентированных технологиях с использованием стандартной библиотеки STL, а для реализации пользовательского интерфейса использовалась кроссплатформенная библиотека Qt.

Она включает подсистему представления ПСМО в виде объектной модели и генерации имитационной модели на языке GPSS. Основу

функциональности составляют разработанные правила и алгоритмы трансформации исходных спецификаций в текст модели, правила именования блоков, обеспечения сбора статистики, отвечающие требованиям читаемости и параметризуемости моделей. Другая подсистема обеспечивает взаимодействие с пользователем и создание объектной модели сети. Функциональность подсистем обеспечена иерархией разработанных классов.

**Г. В. Костейко, И. А. Мурашко**  
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

### **ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СХЕМ НА ЯЗЫКЕ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ VHDL**

Событием в моделируемой дискретной схеме в общем случае называется переход системы из одного состояния в другое, а при моделировании дискретной схемы на уровне передачи сигналов в схеме – какое-либо изменение любого из сигналов. Важнейшим в алгоритмах моделирования дискретных схем является имитация реального времени. Обычно модельное время является дискретной величиной, измеряющейся в относительных или в абсолютных единицах времени. Моделирование проводится по шагам. На каждом шаге время фиксируется и считается неизменным, выполняются проверки условий переключения сигналов в моделируемой схеме и проводится соответствующее изменение значений тех сигналов, для которых событие произошло.

Для организации моделирования во времени в системе моделирования может применяться один из двух принципов:

а) моделирование по интервалам времени, при котором приращение времени моделирования на каждом шаге есть величина постоянная, равная минимальной единице модельного времени. На каждом шаге моделирования проверяются состояния всех сигналов в модели независимо от того, произошли какие-нибудь события в модели или нет;

б) моделирование по событиям, при котором в моделируемой системе организуется список событий и на каждом шаге моделирования определяется событие, имеющее минимальное время. Значение приращения модельного времени определяется как минимальный интервал времени между временем ближайшего события и текущим значением времени.

К достоинствам событийного моделирования относится возможность повышения скорости работы модели за счет пропуска интервалов

времени, на которых изменений в моделируемой системе не происходит, а также за счет выборки для решения только тех уравнений (элементов схемы), независимые переменные (входные сигналы элементов) которых изменились и могут вызвать изменение функций (выходных сигналов элементов схемы). Недостатком алгоритмов событийного моделирования является более высокая сложность их организации.

В системах моделирования, основанных на использовании языка VHDL (Active-HDL, Xilinx), применяются механизмы событийного моделирования. Модельное время задается в диапазоне натуральных единиц времени от фемтосекунды (10-15с) до часов.

**Г. В. Костейко, И. А. Мурашко**  
(ГГТУ им. П.О.Сухого, Гомель)

### **ХОРОШИЕ ПРАКТИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКЕ VHDL**

Язык VHDL – язык описания аппаратуры интегральных схем. Язык проектирования VHDL является базовым языком при разработке аппаратуры современных вычислительных систем. Далее будут рассмотрены некоторые полезные практики моделирования на этом языке.

Часто бывает полезно использовать несколько конфигураций сборки. Например, разрабатывая микроконтроллер, состоящий из процессора и контроллера ЖК-дисплея. Можно упростить тестирование, создавая отдельные тесты (testbench) для каждого из компонентов.

Используйте библиотеки. Вместо того чтобы копировать много раз VHDL-файлы, поместите их в библиотеку и ссылайтесь на неё в каждом проекте, где нужно повторно использовать код.

Используйте директивы «#region» для улучшения читабельности кода. Области кода, объявленные с помощью директивы «#region», могут быть свернуты при работе в интегрированной среде разработки. Хорошей практикой является разделение кода регионами внутри длинных сущностей, процессов или методов так, что сворачивание их всех даёт возможность поместиться всему коду на экране, что помогает увидеть "общую картину", не заботясь о деталях реализации каждой из скрытых частей.

При работе в интегрированной среде разработки использование визуализации конструируемого устройства помогает яснее понимать общую архитектуру устройства и отдельные связи между узлами.

Сведите к минимуму возможные состояния системы. Чем меньше состояний (преднамеренных или непреднамеренных) системы, тем меньше потребуется усилий, необходимых для её проверки.

Также к процессу моделирования на языке VHDL применимы общие правила, которые применимы к процессу разработки программного обеспечения. Использование систем контроля версий (CVS, Subversion) и ведение журнала ошибок позволяет хранить несколько версий одного и того же документа, при необходимости возвращаться к более ранним версиям, определять, кто и когда сделал то или иное изменение.

Очень важным элементом проектирования является документирование проекта (использование комментариев непосредственно в коде, создание сопутствующей документации). Это упрощает понимание архитектуры и внутренней работы описываемой схемы, особенно когда приходится работать с проектами которые были разработаны другими разработчиками или которые существуют уже продолжительное время.

**Р. В. Кумашов**

*(БелГУТ, Гомель)*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

В проводимом автором исследовании решается следующая инженерная задача: расчет элементов металлических ферм на прочность с учетом развития локальных коррозионных повреждений.

В работе рассматривается учет влияния местной коррозии на напряжённо-деформированное состояние элементов металлических ферм на примере стропильных ферм серии 1.460.3. Верхние и нижние пояса стропильных и подстропильных ферм выполняются из стали 09Г2С, для которой характерно развитие неравномерной язвенной коррозии (локальными пятнами). Данный тип коррозии характеризуется небольшой глубиной проникновения коррозии по сравнению с поперечными (в поверхности) размерами коррозионных поражений. Неравномерная коррозия обычно сопровождается образованием продуктов коррозии на отдельных участках.

В рассматриваемой задаче поперечное сечение элемента: коробчатое; и задается с помощью точек в плоской системе координат. Для

получения аналитических выражений функций, описывающих поперечное сечение, используется сплайн-интерполяция. При вычислении геометрических характеристик сечения применяется численное интегрирование, в частности метод трапеций. Внутренние усилия, действующие в поперечном сечении, находятся с использованием ПК "Ли́ра", где для металлических ферм в качестве расчетной выбрана модель с жесткими узлами. Вычисление максимальных нормальных напряжений, действующих в сечении в двух плоскостях ( $x$ ,  $y$ ), производится по формулам для определения нормальных напряжений при сложном сопротивлении (внецентренное растяжение-сжатие).

Для решения поставленной задачи составлена программа на базе пакета *MathCAD*. При вычислении геометрических характеристик поперечного сечения численным интегрированием погрешность составила менее 2%, что свидетельствует о достаточно точном их вычислении.

**А. В. Ларкин, А. В. Комяк, А. Н. Мацкевич**  
(ВА, Минск)

**АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ АСОНИКА  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВИРТУАЛЬНЫХ  
ИСПЫТАНИЙ ПЕЧАТНОГО УЗЛА НА ВНЕШНИЕ  
МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Под испытаниями понимается процесс экспериментального определения (оценивания, контроля) количественных и качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействий на него различных факторов при его функционировании. Испытания проводятся, как правило, с использованием натурального и модельного подходов.

Испытания на воздействие внешних факторов проводятся с целью проверки работоспособности и (или) сохранения внешнего вида в пределах, заданных в ТТТ, в условиях и (или) после воздействия внешних факторов.

Воспроизведение условий испытаний на воздействие внешних факторов возможно с использованием специального оборудования (стендов, климатических испытательных камер, габаритные размеры которых во много раз превышают габаритные размеры изделия), которое создает требуемые условия испытаний. Практическая реализация испытаний на воздействие внешних факторов затруднительна, поэтому в последнее время внедряются методы математического моделирования с созданием виртуальных условий испытаний. Математическое

моделирование проводится на уровне протекающих в образце физических процессов, определяющих его качество и надежность. Требуемая стойкость аппаратуры к внешним воздействиям закладывается на этапе проектирования и обеспечивается в ходе производства.

Автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА) в первую очередь предназначена для обеспечения стойкости аппаратуры к внешним воздействиям на этапе проектирования и позволяет решать следующие задачи:

- комплексное моделирование взаимосвязанных физических процессов;
- выявление системных отказов, возникающих при взаимодействии наложенных друг на друга нескольких физических процессов;
- моделирование натурных испытаний с целью их оптимизации по времени и трудоемкости;
- замену натурных испытаний математическим моделированием.

В докладе приводятся этапы и результаты проведения моделирования печатного узла на тепловые стационарные и различные механические воздействия, анализ возможности и целесообразности применения автоматизированной системы АСОНИКА в ходе проведения испытаний.

**А. А. Латарцев, Н. П. Юркевич**  
(БНТУ, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БАЛОК ИЗ СТАЛИ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

Целью данной работы является моделирование деформированного состояния двумерных балок из стали различной геометрической формы в программном комплексе Abaqus Student Edition, расчет и анализ в сечениях балок эквивалентных напряжений по Мизесу, а также величин смещений в узлах конечно-элементной сетки (рис. 1).



Рисунок 1 – Геометрические модели балок из стали: конечно-элементная сетка с указанием номеров узлов



Размеры изучаемых балок составляли: длина 10,0 м, ширина 1,0 м, расстояние между двумя наиболее удаленными точками дуг окружностей для балки непрямоугольной формы 3,0 м. Входными характеристиками для расчетов являлись: модуль Юнга  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$  и плотность стали  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>. Один из концов балок был жестко закреплен, на другой подавалась нагрузка в горизонтальном и вертикальном направлениях величиной по 1000 Н. Результаты расчета представлены на рис. 2, 3. Расчет показал, что максимальные и минимальные эффективные напряжения по Мизесу равны: для балки прямоугольной формы  $\sigma_{Mmax} = 18,98$  МПа,  $\sigma_{Mmin} = 673$  кПа, для балки непрямоугольной формы со сторонами в виде дуг окружностей  $\sigma_{Mmax} = 19,40$  МПа,  $\sigma_{Mmin} = 1,34$  МПа.

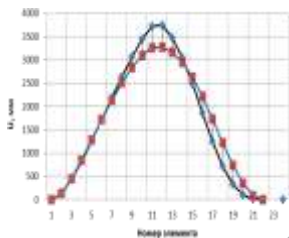


Рисунок 3 – Величина смещений в узлах конечно-элементной сетки:  $\blacklozenge$  – балка прямоугольной формы;  $\blacksquare$  – балка со сторонами в виде дуг окружности

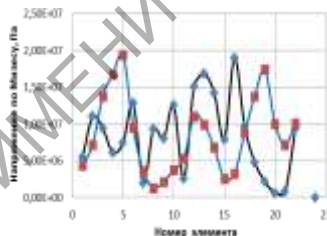


Рисунок 2 – Величина эквивалентного напряжения по Мизесу в соответствующих узлах конечно-элементной сетки:  $\blacklozenge$  – балка прямоугольной формы;  $\blacksquare$  – балка со сторонами в виде дуг окружности

**П. С. Макул, И. Н. Комаров**  
(ВА, Минск)

### ТРЕХМЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ XNA FRAMEWORK

В настоящее время для поддержки принятия решений широкое распространение получили многофункциональные системы моделирования боевых действий. В основе данных систем лежат сложные математические модели, реализующие логику работы реальных систем вооружения, и подсистема визуализации моделируемых процессов.

В большинстве существующих систем визуализация моделируемых процессов представлена в двумерной плоскости, что не позволяет с достаточной степенью реалистичности наблюдать на экранах мониторов динамику развития моделируемых процессов, проводить оценку складывающейся обстановки в реальном масштабе времени и корректировать действия средств с учетом их возможностей.

Существующие технологии в сочетании с современными языками программирования позволяют реализовать трехмерное представление объектов, организовать навигацию в трехмерном пространстве. Одной из таких технологий является платформа XNA FRAMEWORK, реализованная на базе .NET и включающая ряд системных библиотек для работы с 3D моделями.

За счет реализации платформы XNA FRAMEWORK на базе .NET обеспечивается кроссплатформенность разработанного программного обеспечения, межязыковое взаимодействие с ранее разработанными моделями систем военного назначения. За счет применения технологии XNA реализуются принципы многопоточности приложений, заключающиеся в разделении расчётной и графической составляющих, что обеспечивает оперативность проведения моделирования.

Таким образом, использование платформы XNA при разработке системы моделирования военного назначения позволит существенно сократить время, затрачиваемое на реализацию технологических особенностей интеграции трехмерного представления в оконный интерфейс системы моделирования, организовать программное управление трехмерными объектами.

**В. Д. Менько**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **О ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЕТЕЙ С ОДНОТИПНЫМИ ЗАЯВКАМИ И МНОГОЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Теория массового обслуживания является гибким и удобным аппаратом для исследования моделей информационных систем, а также различных объектов в экономике, производстве и других областях. В настоящее время проводится работа по модернизации программного комплекса для имитационного моделирования сетей межбанковского обслуживания, которые применяются в качестве моделей различных объектов, в том числе информационных систем.

В программном комплексе реализовываются современные методы имитационного моделирования, технологии программирования, оптимально использующие новые возможности аппаратного и программного обеспечения. Программный комплекс является кроссплатформенным приложением, имеет веб-интерфейс, возможность отложенного и многократного запуска моделирования, обладает гибкой и простой настройкой параметров моделирования, большим количеством базовых функций, которые можно расширить пользовательскими. Для реализации программного комплекса используется современное программное обеспечение и технологии: PHP 5, Kohana 3.1, Apache 2, MySQL 5.1, Redis.

Проведем сравнение ряда средних характеристик, рассчитанных при помощи имитационного моделирования, с точными значениями этих характеристик для экспоненциальных сетей в стационарном режиме. Для таких сетей массового обслуживания существуют формулы расчета точных значений средних характеристик [1]. Результаты сравнения показали, что рассчитанные значения в ходе имитационного моделирования отличались от точных значений, рассматриваемых характеристик не более чем на 10%.

### Литература

1. Маталыцкий М.А., Тихоненко О.М., Колузаева Е.В. Системы и сети массового обслуживания: анализ и применения / М.А. Маталыцкий, О.М. Тихоненко, Е.В. Колузаева. – ГрГУ, 2011. – 817 с.

### И. Г. Нестерня

(ГТТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

### НАХОЖДЕНИЕ ПРОГИБОВ ТОНКОГО СТЕРЖНЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХМЕРНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для нахождения решения следует использовать дифференциальное управление (1), для удобства оно представлено в матричном виде [1, 2].

$$[K]\{\delta\} + [C]\frac{\partial}{\partial t}\{\delta\} + [M]\frac{\partial^2}{\partial t^2}\{\delta\} + \{F\} = 0$$

где  $K$  – матрица жесткости,  $C$  – матрица демпфирования,  $M$  – матрица масс,  $F$  – вектор узловых сил,  $\delta$  – вектор узловых перемещений.

В данной работе задача рассматривалась как двухмерная. Для дискретизации области стержня целесообразно использовать линейный треугольный элемент [1]. Считая, что входящие в уравнения перемещения – комплексные величины, получаем комплексное уравнение движения системы. Вещественная часть решения уравнения, является решением задачи [2].

В данной работе, исследовались колебания при гармоническом воздействии без учета затухания. Для верификации был рассмотрен стальной стержень, жестко закреплённый по сторонам, под действием синусоидальной нагрузки. На рисунке приводится график сравнения результатов с САПР ANSYS Workbench.

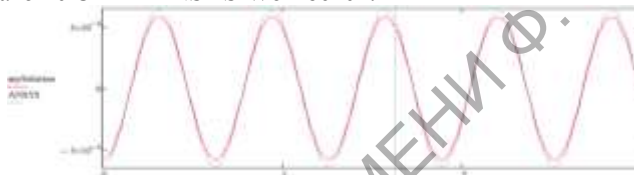


Рисунок – сравнение максимальных прогибов с ANSYS

Максимальное расхождение решений не превысило 10%. Поскольку при решении не учитывалось затухание, график представляет собой синусоиду с постоянной амплитудой.

### Литература

1. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич; пер. с англ. – М.: Мир, 1975с.
2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: ДМЛ Пресс, 2007. – 600 с.

**А. О. Олексюк, В. А. Липницкий**

*(БА, Минск)*

### **ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В КАНАЛАХ С ШУМАМИ НА ОСНОВЕ НЕ ПРИМИТИВНЫХ ЛИНЕЙНЫХ КОДОВ**

Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ-коды) нашли широчайшее применение в современных инфокоммуникационных системах. Они

применены в материнских платах, используются в пейджинговой, сотовой, космической связи, в хранении данных на винчестерах, дисках. Растущий объем передачи данных ужесточает требования к применяемым помехоустойчивым кодам и к их декодирующим возможностям. Идет постоянный поиск кодов, исправляющих многократные ошибки в сочетании с эффективными декодирующими алгоритмами [1,2].

В семействе БЧХ кодов наибольшей размерностью и, следовательно, наибольшей скоростью передачи информации выделяются коды  $C_t$  с проверочной матрицей  $H = (\beta^i, \beta^{3i}, \dots, \beta^{(2^m-1)i})^t$  длиной  $n$ , где  $n$  – делитель  $2^m - 1$ ,  $\beta = \alpha^n$  для  $\mu = (2^m - 1)/n$ , и примитивного элемента  $\alpha$  поля Галуа  $GF(2^m)$ . При  $\mu=1$  код  $C_t$  называют примитивным, при  $\mu > 1$  не примитивным кодом [1].

Примитивные коды, как правило, имеют конструктивное расстояние  $d = 2t + 1$  и исправляют как минимум  $t$  – кратные случайные ошибки. Не примитивные БЧХ-коды изучены слабо, так как их параметры ведут себя достаточно хаотично.

В докладе приводятся результаты систематического исследования не примитивных БЧХ-кодов на примере кода  $C_5$  длиной  $n=39$  и  $m=12$ . Этот код имеет минимальное расстояние  $d=9$ , что больше конструктивного и, следовательно, способного исправлять четырехкратные ошибки. Приведен вариант схемы декодера адаптивной для работы с БЧХ-кодом данной длины. Близким по длине коду  $n=39$  из примитивных кодов будет код  $n=31$ . Проведенный сравнительный анализ показал что схема декодирования для  $n=31$  адаптированная для работы с тройными ошибками будет сложнее, а алгоритм работы более медленным, чем для  $n=39$ . Но при этом примитивный код длины  $n=31$  будет оставаться более высокоскоростным чем  $n=39$ . Найденное реальное значение  $d=9$  и относительно простая схема декодирования, позволяет отнести данный БЧХ-код к классу перспективных в практическом плане кодов.

## Литература

1. Липницкий В.А., Конопелько В.К. Норменное декодирование помехоустойчивых кодов и алгебраические уравнения / В.А. Липницкий, В.К. Конопелько – Мн.: Издат. Центр БГУ, 2007. – 216с.

2. MacWilliams, F.J. The Theory of Error-Correcting Codes/ F.J. MacWilliams, N.J.A. Sloane // North-Holland Mathematical Library. – 1977. – Vol. 16. – 762 p.

**О. И. Пивоварчик**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ**

Цель работы- разработка симулятора, позволяющего моделировать поведение информационных потоков в устройствах входящих в состав локальных вычислительных сетей с помощью сетей Петри.

Система имеет следующие входные параметры:

- топология моделируемой сети (либо элемента сети);
- свойства структурных элементов топологии;
- количество моделируемых шагов.

Результаты моделирования представлены в виде графиков, либо в текстовом виде. После моделирования выводится исчерпывающая информация о состоянии системы в любой момент времени в промежутке от начала и до конца построения модели.

Исходной информацией при построении математических моделей процессов функционирования системы служат данные о назначении и условиях работы исследуемой (проектируемой) системы  $S$  – в нашем случае это локальная сеть. Эта информация определяет основную цель моделирования системы  $S$  и позволяет сформулировать требования к разрабатываемой математической модели  $M$ . Причем уровень абстрагирования зависит от круга тех вопросов, на которые мы хотим получить ответ с помощью математического моделирования, и в какой-то степени определяет выбор математической схемы.

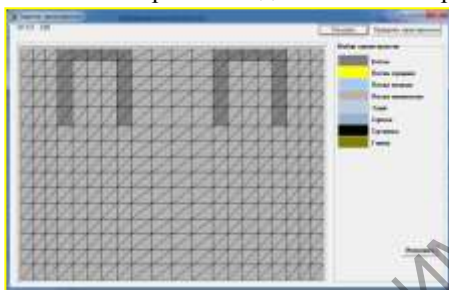
В практике моделирования объектов часто приходится решать задачи, связанные с формализованным описанием и анализом причинно-следственных связей в сложных системах, где одновременно параллельно протекает несколько процессов. Самым распространенным в настоящее время формализмом, описывающим структуру и взаимодействие параллельных систем и процессов, являются сети Петри (англ. Petri Nets), предложенные К. Петри.

**Д. В. Прокопенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ  
МЕЖДУ ДВУМЯ КОРОбЧАТЫМИ ПЛИТНЫМИ  
ФУНДАМЕНТАМИ НА ИХ ОСАДКУ  
НА НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ  
ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается два плитных коробчатых фундамента на некото-



**Рисунок1 – Коробчатый фундамент  
и дискретизация расчетной области**

ром расстоянии друг от друга на нелинейно деформируемом грунтовом основании. На верхнюю плоскость фундаментной плиты действует нормальная равномерно распределенная нагрузка. Необходимо исследовать влияние расстояния между двумя коробчатыми фундаментами на их осадку. Для исследования поставленной задачи нам необходимо рассмотреть один

коробчатый плитный фундамент в нелинейно-деформируемом грунтовом основании – это будет базовая задача. В формализованной обстановке данная задача классифицируется как третья краевая задача нелинейной математической физики (задача Дирихле-Неймана).

В настоящей работе для исследования нелинейной физической системы «Коробчатый фундамент – грунтовое основание» использовался программный комплекс «Энергия 2D», разработанный на основе метода конечных элементов и энергетической линейризации [1].

Для решения поставленной задачи было построено 20 модельных задач. В результате проведенного эксперимента было выявлено, что при расстоянии между коробчатыми фундаментами 80 см. осадка коробчатого фундамента увеличивается в среднем на 18%, по сравнению с базовой задачей. При увеличении расстояния между коробчатыми фундаментами осадка коробчатого фундамента уменьшается и при расстоянии между ними 800 см. осадка двух коробчатых фундаментов становится равной осадке базовой задачи, что говорит о том, что они

перестают влиять друг на друга. Отличие осадок коробчатого от плитного фундамента составляет менее 2%.

### Литература

1. Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219с.

**Д. В. Прокопенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕГО АРМИРОВАНИЯ МАЛОПРОЧНОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НА ОСАДКУ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА НА НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается плитный фундамент на сложном нелинейно-деформируемом грунтовом основании. На верхнюю плоскость фундаментной плиты действует нормальная внешняя нагрузка. На некотором расстоянии от контактной поверхности плитного фундамента находится включение малопрочного грунта. С целью повышения несущей способности грунтового основания фундамента малопрочное грунтовое включение армируется сваями малого сечения. Необходимо исследовать влияние ограждающего армирования на несущую способность грунтового основания. Ограждающее армирование находится на расстоянии 300 см. от края фундаментной плиты в горизонтальной плоскости. Для исследования поставленной задачи нам необходимо рассмотреть фундаментную плиту в однородном грунтовом основании – это будет базовая задача.

В настоящей работе для исследования нелинейной физической системы «Плитный фундамент – грунтовое основание» использовался программный комплекс «Энергия 3D», разработанный на основе метода конечных элементов и энергетической линеаризации [1].

Осадка плиты базовой задачи равна 4,92 см.

По результатам компьютерного моделирования можно сделать вывод, что использование ограждающего армирования дает малый эффект (см. таблицу 1). Для того чтобы добиться несущей способности грунтового основания с малопрочным включением равным несущей способно-



сти без малопрочного включения достаточно провести армирование под фундаментной плитой и в непосредственной близости от плиты.

Таблица 1 – Осадки фундаментной плиты в зависимости от количества армирующих свай

№ <sub>свай</sub>	15, 6, 21, 22	8-11, 14-17, 20-23, 26-29	1-7, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 30-36	1-36
$S_{пл}$				
$S_{арм}^L$	1,87	1,34	1,73	1,3
$S_{арм}^H$	7,07	4,91	6,21	4,73

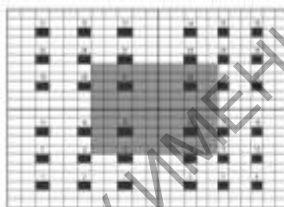


Рисунок 1 – Схема общего и ображдающего армирования вертикальными сваями грунтового основания

### Литература

1. Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГТУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219с.

**О. В. Роговцова**

*(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)*

### **ЭРМИТОВ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОГИБОВ БРУСА**

Рассматривается задача моделирования чистого изгиба тонкого бруса. При этом принималась гипотеза плоских сечений Бернулли [1]. Для решения задачи воспользуемся методом конечных элементов [2]. Будем дискретизировать брус одномерными конечными элементами с

двумя степенями свободы в каждом узле:  $\delta^T = \{w \ \theta_x\}$ , где  $w$  – прогиб,  $\theta_x$  – угол поворота.

Воспользуемся вариационным принципом Лагранжа [2]. Выражая деформации и напряжения с учетом принятых гипотез через перемещения с помощью формул Коши [2], а затем интегрируя, получаем:

$$\{R\} = [K]\{\delta\},$$

где

$$[K] = E \frac{bh^3}{12} \left[ \int_{l_1}^{l_2} [B^{-1}]^T \{C\}^T \{C\} [B^{-1}] dx \right], \quad \{R\} - \text{вектор узловых}$$

сил конечного элемента,  $E$  – модуль упругости,  $h$  – толщина бруса,  $b$  – ширина бруса,  $l_1$  и  $l_2$  – координаты узлов одномерного конечного элемента бруса,  $\{C\}^T = \{0 \ 0 \ 2 \ 6x\}$ ,

$$[B] = \begin{bmatrix} 1 & l_1 & l_1^2 & l_1^3 \\ 0 & 1 & 2l_1 & 3l_1^2 \\ 1 & l_2 & l_2^2 & l_2^3 \\ 0 & 1 & 2l_2 & 3l_2^2 \end{bmatrix}.$$

Для верификации рассматривалась задача определения прогиба бруса прямоугольного сечения длиной 20 м, высотой 0.75 м и шириной 1 м. Модуль упругости материала равен 1000 Мпа. С одной стороны брус заземлен, с другой – в перпендикулярной плоскости действовала сосредоточенная нагрузка 10 КН. Точное значение прогиба незаземленного края бруса равно 0.759 м [1], в результате моделирования при дискретизации четырьмя конечными элементами получено значение прогиба так же равное 0.759 м.

## Литература

1. Гастев, В.А. Краткий курс сопротивления материалов / В.А. Гастев. – М.: «Наука», 1977.
2. Быховцев, В.Е. Компьютерное моделирование систем нелинейной механики грунтов / В.Е. Быховцев, А.В. Быховцев, В.В. Бондарева. – Гомель: УО «ГТУ имени Ф. Скорины», 2002.

**В. В. Романенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ПРОЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Проявляющаяся в последнее время тенденция к использованию общесистемных принципов и методов исследований в различных областях производственной деятельности приводит к унификации системного подхода при решении конкретных научно-практических задач. Данная тенденция дает основания рассчитывать на создание в дальнейшем необходимой базы, позволяющей работать с системами любой степени сложности, вне зависимости от ее физической сущности или ограниченности рамками определенной формализации. Средством реализации таких возможностей являются математические модели сложных динамических систем и моделирование процесса их функционирования. В данном контексте к сложным динамическим системам относятся производственные и экономические объекты, вычислительные сети, программное обеспечение сложных систем управления, системы энергообеспечения и другие системы, призванные обеспечивать безопасность жизнедеятельности производства.

Многообразие существующих сложных технологических объектов, в ходе реализации которых могут изменяться параметры их функционирования и структура технологического цикла, а также сложность практических задач, возникающих при оценке уровня надежности и безопасности функционирования потенциально опасных промышленных объектов, требуют разработки специфических подходов и новых технических решений при оптимизации структуры производственных систем на стадии их проектного моделирования. Эффективным средством решения актуальных проблем анализа функционирования и синтеза оптимальной структуры производственных систем с вероятностными параметрами их функционирования является системный анализ объектов исследования. При этом под вероятностными параметрами функционирования могут пониматься характеристики надежности функционирования оборудования, используемого в ходе реализации технологического цикла производства, характеристики выполнения технологических операций, качественные характеристики используемых в процессе производства материалов и комплектующих изделий.

Для оптимизации структуры технологического цикла на стадии проектного моделирования вероятностных производственных систем предлагается специальный математический аппарат реструктуризации имитационных моделей, позволяющий представить функционирование объекта исследования в виде конечного множества имитационных моделей. В качестве инструмента реализации предлагаемого подхода используется динамическое имитационное моделирование, базирующееся на разработке динамических имитационных моделей. Подобное представление обеспечивает получение в процессе динамической имитации результирующей структуры технологического цикла, которая содержит оптимизированные схемы резервирования технологических операций в рамках многоцелевой функции, определяющей качество функционирования проектируемого объекта.

Новизна предложенного подхода состоит в обеспечении построения интегральной графовой структуры технологического цикла, что позволяет получить итоговую структуру, содержащую конкретные схемы резервирования технологических операций в зависимости от вероятностных параметров функционирования компонентов производственной системы. При этом динамические имитационные модели могут быть использованы в качестве составных компонентов в системах анализа функционирования при автоматизации технологических процессов и производств, а также при разработке и автоматизации систем проектирования новых технологических объектов. Способ построения динамических имитационных моделей опирается на применение агрегатной системы автоматизации имитационного моделирования и ориентирован на случаи, когда динамику функционирования имитационных моделей управляемых производственных систем можно описать на уровне элементов управления со сложной логикой.

Реализованные при этом на основе предлагаемого математического аппарата моделирования производственных систем с вероятностными характеристиками методы динамической имитации позволяют решать следующие задачи: синтеза оптимальной структуры технологического цикла с учетом характеристик надежности функционирования оборудования, параметров выполнения технологических операций, качественных характеристик используемых в процессе производства материалов и комплектующих изделий; проектного моделирования производственных систем с учетом операций резервирования и ликвидации последствий сбоев и аварий оборудования в процессе реализа-

ции технологического цикла производства, что в совокупности обеспечивает реализацию новых технических решений при построении оптимизированной структуры технологического цикла, содержащей технологические схемы резервирования операций и ликвидации последствий аварий в зависимости от указанных выше параметров на стадии разработки проекта нового технологического объекта.

Построенные имитационные модели могут использоваться также в качестве составных элементов систем анализа функционирования при разработке и автоматизации проектирования новых технологических объектов, а предложенный математический аппарат может служить основой для решения задач синтеза оптимальной структуры сложных систем с изменяющейся топологией.

**А. С. Рыщук**  
(БрГТУ, Брест)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

При имитационном моделировании весьма существенным является вопрос его эффективности. В связи с ростом вычислительной сложности моделей и как следствие трудоёмкости моделирования машинное время становится важным критерием эффективности моделей. Одним из возможных способов повышения скорости имитационного моделирования является распараллеливание вычислений.

В данной работе приведены результаты моделирования сетей массового обслуживания различной конфигурации в последовательном и параллельном режимах. При этом применяемая имитационная модель строилась на базе активностей, процедур обработки событий, списков событий (структур данных для прогнозирования состояний и сбора данных), процедур управления запуском активностей.

Для получения статистических оценок, позволяющих определить структуру трудоёмкости алгоритма имитации, использовались данные, полученные посредством таймирования базовых процессов при моделировании сетей массового обслуживания.

Рассматривались эффекты “внутреннего” распараллеливания как на уровне базовых процедур (генерация случайных объектов, сбор статистических данных и т.д.) так и непосредственно в алгоритмах движения модельного времени и управления обработкой событий.

В последнем случае в качестве вариантов параллельной обработки применялись:

опережающий по времени анализ в списках событий для выявления событий будущих тактов, пригодных для параллельной обработки, выполнения соответствующих процедур, активностей;

модификация предыдущего подхода с упрощенным анализом списков и возможностью "отката" к предыдущим тактам моделирования при возникновении конфликтов;

распараллеливание процессов обработки отдельных событий – параллельное выполнение соответствующих им независимых базовых активностей.

Модели проектировалась в объектно-ориентированной технологии. Выделены типовые объекты, методы, сообщения, разработана иерархия классов. Реализация выполнена на языке C++, а параллельные вычисления, таймирование процессов организованы с использованием инструментов интерфейса прикладного программирования OpenMP. Оценена корректность алгоритмов, в том числе в параллельном режиме, оценены ресурсоёмкие фрагменты реализованного алгоритма имитации.

**Д. А. Савицкий, С. Ф. Маслович**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СПИСКАМИ ЗАДАЧ НА ПЛАТФОРМЕ IOS**

У современного человека всегда есть большое количество планов на будущее, текущих дел на ближайшее время и мелких повседневных задач. И порой все они накапливаются и в них уже становится трудно разобраться. Трудно определить, что наиболее приоритетнее в данный момент. Про часть из них вообще можно забыть. Но среди всей этих задач может быть что-то интересное и важное. Именно эту проблему и решает данное приложение: позволяет структурировать все списки, напоминает о предстоящих задачах, позволяет планировать предстоящие дела.

Для мобильной платформы iOS и, впоследствии, для настольной платформы OS X было создано приложение, которое позволяет пользователю создать аккаунт и начать наслаждаться порядком в своих задачах. Приложение дает возможность создавать списки задач, которые в свою очередь содержат задачи. После выполнения задачи ее можно отменить как завершенную. Добавляя задачу в список нужно указать

текст задачи. Кроме этого можно добавить дополнительное описание. Чтобы не пропустить важные задачи можно добавить напоминание, которое уведомит пользователя о важных делах в заданное время. Для личного удобства задачам можно присваивать приоритет. Кроме этого имеются умные списки. Они создаются автоматически и содержат в себе выборку из всех созданных пользователем задачам по определенному критерию: задачи на сегодня, на эту неделю, выполненные и т.д. Кроме этого есть список, который называется Входящие. Он создается также как и умные списки автоматически. В это список обычно добавляются задачи, которые пользователь пока не может связать ни с одним существующим списком, но не хочет забыть про эту задачу. А уже после добавления через какое-то время пользователь можно перенести задачу в существующий список или же создать новый.

Общие списки – это специальная категория списков, когда они принадлежит нескольким пользователям. Они имеют равные права в создании, редактировании и удалении задач из этого списка. Данный тип списков бывает довольно полезен, когда ведется какая-то совместная работа или небольшой проект. Сделать общим можно любой уже существующий список даже при наличии в нем задач.

Наличие приложений для мобильной и настольной платформ дает возможность получить доступ к спискам задач в любое время благодаря системе синхронизации, а уведомления не дадут пропустить самые важные из них.

**С. Ю. Седышев, С. А. Габец**

*(ВА, Минск)*

### **АДАПТИВНЫЙ РЕЖЕКТОРНЫЙ ФИЛЬТР ПОДАВЛЕНИЯ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ**

Достигнутый за последнее время прогресс в разработке и производстве микросхем привел к созданию очень компактных, экономичных и надежных устройств обработки сигналов. В результате этого значительно расширилась область их применения во всех видах цифровой обработки сигналов, в том числе адаптивной обработки. В настоящее время адаптивные системы применяются в таких областях, как связь, радиолокация, гидролокация, навигация и т. д.

Применение адаптивной обработки сигналов позволит значительно повысить помехозащищенность радиолокационных станций (РЛС).

Одной из основных задач обнаружения воздушного объекта при импульсной радиолокации является борьба с пассивными помехами. К пассивным помехам относят отражения от подстилающей поверхности, от сооружений, от лесного покрова; отражения от метеообразований, от стай птиц, от облаков дипольных отражателей, от распыленных в пространстве аэрозолей, изменяющих диэлектрическую проводимость среды распространения радиоволн; такие помехи называют мешающими отражениями (МО).

Подавление МО производится на этапе междупериодной обработки режекторным фильтром (устройством череспериодного вычитания). Важнейшим элементом адаптивного режекторного фильтра является адаптивный линейный сумматор, или не рекурсивный адаптивный фильтр. Существуют различные методы коррекции весовых коэффициентов адаптивного линейного сумматора. Особое место среди всех методов занимает метод наименьших квадратов, т. к. он является простым при практической реализации и не требующего точной оценки градиента приращения весовых коэффициентов. Структурная схема адаптивного режекторного фильтра  $L$ -ого порядка, реализующая алгоритм наименьших квадратов представлена на рисунке 1.

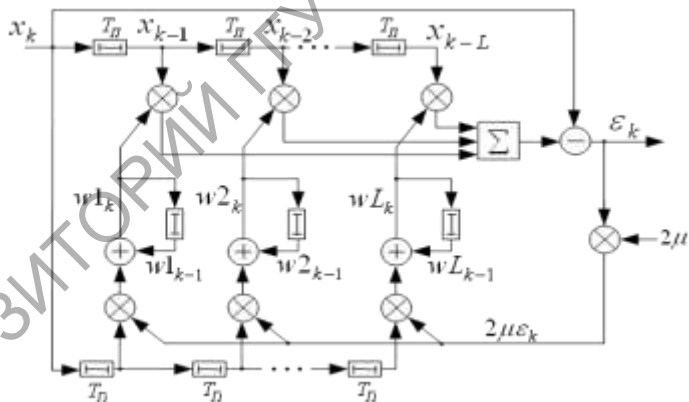


Рисунок 1 – Структурная схема адаптивного режекторного фильтра

В докладе проводится анализ возможности применения адаптивного режекторного фильтра при модернизации РЛС, производится расчет основных характеристик фильтра и оценивается его эффективность работы.



С. Т. Сидоренко, В. В. Кудерко

(ВА, Минск)

## МИНИМИЗАЦИЯ ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ

Исследованы рассеивающие свойства рамочной антенны (рис.1) (Технические характеристики антенны:  $\ell_1 = 0,1367 \lambda$ ,  $\ell_2 = 0,2671 \lambda$ ,  $d = 20$  мм,  $\lambda = 21,2014$  м, радиус проводников –  $R_{\text{пр}} = 1$  мм,  $Z_{\text{Н}} = 150$  pF).

Результаты получены на основе методов ИУ и S-матрицы. [1]

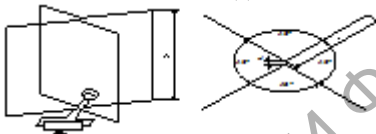


Рисунок 1 – Исследуемая антенна

Установлено:

– антенна относится к минимально рассеивающим [1], но ее поле рассеяния отличается от предельно достижимого поля рассеяния минимально рассеивающей антенны в режиме минимального рассеяния ( $\Delta\tau=0^\circ$ ) [1]. У модели антенны  $\Delta\tau=19^\circ$ ;

– излучающие элементы имеют практически оптимальные размеры, форму и расположение (при оптимальных размерах и расположении  $\Delta\tau=0^\circ$ );

– элементы системы распределения мощности выполнены неоптимально, т. к. создают в рассеянном поле значительную **конструктивную** составляющую на кроссполяризации.

Минимизировано поле рассеяния исследуемой антенны применением пассивной нагрузки, рассчитанной с применением метода S-матрицы [2]. Подключение оптимальной с точки зрения минимизации ЭПР антенны нагрузки позволило снизить полную ЭПР с  $9,887 \text{ м}^2$  до  $6,845 \text{ м}^2$  на частоте  $f = 14,15$  МГц при облучении антенны со стороны максимума диаграммы направленности.

Исключив **конструктивную** составляющую получим минимально достижимое поле рассеяния для данного расположения излучателей ( $\Delta\tau=19^\circ$ ). По сравнению с исходной конструкцией антенны при облучении волной горизонтальной поляризации рассеянное поле останется неизменным, а при облучении волной вертикальной поляризации уменьшится.

### Литература

1. Воропаев Ю. П. Характеристики и параметры поля рассеяния минимально рассеивающих антенн / Ю. П. Воропаев, В. В. Носков, С. Т. Сидоренко, Д. Н. Никипелов // Весті АН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1997. – № 1. – С. 70-78.
2. Сидоренко С. Т., Кудерко В. В., Управление полем рассеяния антенны Вестник Военной академии Республики Беларусь № 1(30), Минск. Издание академии, 2011 г. С. 60–66.

**В. В. Соколов, В. Е. Быховец**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРМИРОВАННОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**

В строительной индустрии надёжность и стоимость напрямую зависят от полноты учёта структуры объекта, его свойств, применяемых методов, средств расчёта напряжённо-деформированного состояния, фундамента и грунтов основания как сложную нелинейную систему.

Невсегда прочностные и деформативные характеристики грунтового основания обладают приемлемыми качествами, и зачастую устранение непредвиденных последствий от проседания объекта, из-за слабой несущей способности грунтового основания, обходится подрядчикам дороже, чем сама постройка. Ввиду этих условий, имеет место улучшение данных характеристик, путём введения армированного грунта, представляющего собой комбинацию грунта и арматуры.

В настоящей работе исследуется напряженно-деформированное состояние сложной нелинейной системы «Фундамент – Грунтовое основание – Армирующие элементы». Целью работы является выявление эффективного варианта устранения просадки фундаментной плиты, под действием нормальной равномерно распределённой внешней нагрузки, приложенной к верхней поверхности фундаментной плиты. В качестве примера для сравнения, была взята базовая задача с геометрическими и физико-механическими характеристиками, аналогичными исследуемой, однако, без слабой несущей способности грунтового основания.

Для исследования данных систем использовался метод компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода

конечных элементов и метода энергетической линеаризации. С его помощью были проведены расчеты по определению напряженно-деформированного состояния и несущей способности исследуемой сложной нелинейной системы.

Актуальность использования компьютерного объектно-ориентированного моделирования в современном градостроении, оправдывает себя возможностями прогнозировать и находить пути решения с должной степенью экономии выделенных средств и времени.

Исходя из анализа полученных результатов, можно сделать вывод, что введение армирующих элементов комбинированного типа позволяет улучшить прочностные и деформативные характеристики грунтового основания плитных фундаментов в целом на 20%, что значительно снижает затраты на возведение и устранения причин осадки фундаментов жилых и промышленных зданий.

**А. С. Солонар, П. А. Хмарский**

*(ВА, Минск)*

### **АЛГОРИТМ РАБОТЫ АНСЦЕНТНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ОБЪЕКТОВ В ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТАХ**

В основе калмановской фильтрации лежат два основных принципа [1]: фильтруемый процесс должен быть гауссовско-марковским; все преобразования над процессом должны быть линейными. Широкое использование калмановской фильтрации стало возможным после предложения использовать метод линеаризации, позволяющий заменить нелинейные функции экстраполяции и пересчета на линейные в некоторой дельта-окрестности [2]. Для этого нелинейные функции раскладываются в ряд Тейлора, из которого используется только первый член [2]. В зарубежной литературе фильтр, реализующий данный метод, обозначается как Extended Kalman filter, а в отечественной – фильтр Калмана при косвенных измерениях [1].

Однако для ряда задач метод линеаризации не подходит, т.к. могут возникнуть значительные ошибки аппроксимации. Известен целый ряд альтернатив этому методу, одной из которых является ансцентное преобразование, предложенное оксфордскими учеными Джулье С. и Ульманом Д. [3]. В основе ансцентного преобразования лежит численный алгоритм определения нескольких начальных моментов много-

мерной плотности вероятности случайной величины после нелинейного преобразования над ней. Алгоритм фильтрации, синтезированный с использованием ансцентного преобразования, получил название ансцентного фильтра Калмана.

В докладе будут представлены идея ансцентного преобразования, особенности построения ансцентного фильтра Калмана и пример реализации ансцентного фильтра Калмана при наблюдении полярных координат; сопоставительный анализ результатов фильтрации ансцентного фильтра Калмана и фильтра Калмана при косвенных измерениях.

### Литература

1. Ширман, Я.Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Издание 2-е переработ. и доп. / Под ред. Ширмана Я.Д. – М.: Радиотехника, 2007 – 1300с.
2. Худсон, Д. Статистика для физиков. Лекции по теории вероятности и элементарной статистики / Д. Худсон. – М.: Мир, 1970 – 350 с.
3. Julier, S. A new method for nonlinear transformation of means and covariance in filters and estimators /S. Julier, J. Uhlmann. – IEEE Trans. on Automatic Control. – 2000. – Vol.45. – №3. – P. 477-482.

**А. С. Солонар, П. А. Хмарский**

*(ВА, Минск)*

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ НАБЛЮДЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРОВ КАЛМАНА РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ**

Определение координат и параметров движения летательного аппарата по результатам радиолокационных наблюдений осуществляется на основе теории нелинейной стохастической фильтрации. Как правило, динамика цели описывается в прямоугольных координатах, а радиолокационные наблюдения осуществляются в полярной системе координат. Связь измерений с прямоугольными координатами ЛА имеет нелинейный характер. Одним из распространенных методов решения этой проблемы является использование модификаций фильтра Калмана при косвенных измерениях с линеаризованными уравнениями наблюдений [1-3]. Однако в некоторых случаях появляются ошибки пересчета математического ожидания и корреляционной матрицы ошибок экс-

траполяции из прямоугольной системы координат в полярную, обусловленные применением метода линеаризации, что напрямую влияет на результаты фильтрации [4].

В докладе на примере первичных измерения от двухкоординатной РЛС кругового обзора будут представлены результаты исследований по влиянию различных условий наблюдения на показатели качества фильтрации координат и параметров движения летательного аппарата, методы повышения качества фильтрации координат и параметров движения по сравнению с фильтром Калмана при косвенных измерениях.

### Литература

1. Солонар, А.С. Влияние выбора моделей входного воздействия на точность измерений вектора состояния для фильтров Калмана / А.С. Солонар, П.А. Хмарский. – М. Доклады БГУИР, 2012. – № 7. – С 47-53.
2. Ширман, Я.Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Издание 2-е переработ. и доп. /. Под ред. Ширмана Я.Д. – М.: Радиотехника, 2007 – 1300с.
3. Худсон, Д. Статистика для физиков. Лекции по теории вероятности и элементарной статистики / Д. Худсон. – М.: Мир, 1970 – 350 с.
4. Просов, А.В. Анализ влияния линеаризации результатов радиолокационных измерений на точность оценок вектора состояния цели / А.В. Просов. – Систем и обработки тформаци. – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вып. 2 (69). – С 94-97.

**С. И. Старотиторов**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНДАМЕНТА ИЗ БОЛЬШЕРАЗМЕРНОЙ КОРОБЧАТОЙ ПЛИТЫ НА НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается фундамент из большеразмерной коробчатой плиты на нелинейно-деформируемом грунтовом основании. На фундамент действует равномерно распределённая нагрузка. Необходимо исследовать влияние геометрических размеров коробчатой плиты на ее осадку и оптимизировать конструкцию плиты. В этой работе для исследования выше описанной нелинейной системы используется метод компь-

ютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и методе энергетической линеаризации.

При компьютерном моделировании системы использовались следующие физико-математические характеристики. Модуль упругости фундамента  $E=40000$  МПа ( $400000 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости грунта  $E=27$  МПа ( $270 \text{ кг/см}^3$ ), модуль упругости включения пониженной несущей способности  $E=6$  МПа ( $60 \text{ кг/см}^3$ ). Коэффициент Пуассона для фундамента  $\mu=0,1$ , для грунта  $\mu=0,28$ , для включения пониженной несущей способности  $\mu=0,44$ . На фундамент равномерно действует нагрузка  $2 \text{ кН}$ .

Для исследования было построено 6 модельных задач, которые рассматриваются в описанной выше дискретизированной области. В качестве экономии материалов подбиралось наилучшее соотношение толщины и величины для производства плиты.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что наибольшее влияние на осадку фундамента оказывает как величина, так и толщина стенок плиты; не всегда необходимо менять оба показателя, т.к. чем больше увеличиваешь величину, тем меньше нужно увеличивать толщину. Также полученные данные показывают, что при увеличении величины и толщины коробчатой плиты можно увеличивать и нагрузку на плиту в допустимых пределах, где соотношение будет минимально допустимым.

Полученные данные могут применяться в строительстве домов. В случаях, когда нагрузка на фундамент не слишком высока, можно использовать минимальные допустимые показатели для изготовления плит, что позволяет сэкономить деньги. В остальных случаях, при увеличении нагрузки на фундамент, необходимо для каждой конкретной задачи высчитывать наиболее оптимальную величину и толщину коробчатой плиты, используемую для фундамента.

**А. В. Трёмбович, Ю. Ю. Немец**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

#### **РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ О ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТАХ**

В современном мире существует множество групповых видов спорта в которых во время игрового процесса собираются самые различные данные о каждом игроке. Например, это футбол, хоккей, бас-

кетбол и так далее. В этих видах спорта о каждом участнике собираются следующие данные: километраж, время владения мячом, скорость полета мяча и тому подобное. При дальнейшем анализе этих данных можно будет сделать выводы о качестве и эффективности игры каждого участника. Для облегчения сбора подобных данных было принято решение разработать интерактивную программную систему для слежения и сбора данных об игроках. Основным источником данных в этой системе будет служить видеопоток с видеокамер снимающих игру. Далее система будет анализировать этот видеопоток, распознавать движущиеся объекты такие как игроки и, например, мяч. Собранная информация будет предоставляться пользователю для дальнейшего анализа в полуавтоматическом режиме. Очевидно, что в подобном случае наилучших результатов можно добиться используя несколько камер одновременно и под разными ракурсами снимающих поле.

При разработке приложения использована модульная структура, поскольку в данном случае модульность подразумевает возможность разработки отдельных частей проекта. Преимущества таких дополнений очевидно: они имеют общую платформу, что позволяет организовать взаимодействие модулей между собой, в случае сбоя работы одного модуля, вся система продолжает работать. При анализе требований к системе было решено, что первоначально пользователям будет доступен стандартный набор модулей, которые в свою очередь реализуют основные возможности приложения: сбор статистики, вывод видео камер. После реализации основных возможностей, функционал можно всегда дополнить специфическими модулями.

Предлагаемое приложение представляет собой программу для сбора статистики в пределах размещения камер, предназначенной для различных целей. Работа с приложением достаточно простая, к тому же она предлагает пользователю гибкую настройку рабочего пространства.

**Д. Н. Трубенюк**

*(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕРЖНЯ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ  
С РАЗБИЕНИЕМ НА КОНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
В ВИДЕ ОТРЕЗКА**

В настоящее время всё чаще приходится решать задачи деформации стержня под действием динамической нагрузки. Довольно точное

решение данной задачи можно получить, смоделировав задачу на компьютере при помощи метода конечных элементов [1, 2].

В качестве математической модели [2] стержня выбрано матричное дифференциальное уравнение без учёта затухания (т.е.  $C*U'=0$ ):

$$M * U'' + K * U = F, \quad (1)$$

где  $M$  – матрица масс,  $K$  – матрица жёсткости,  $F$  – вектор узловых сил,  $U$  – вектор узловых перемещений.

Воспользуемся гипотезой Е.С. Сорокина [2] при учёте сил внутреннего сопротивления получим:

$$\begin{bmatrix} (K - \theta^2 * M) & -\gamma * K \\ -\gamma * K & -(K - \theta^2 * M) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – сдвиг фазы на угол равный  $\pi/2$ ,  $X$  и  $Y$  – вещественная и мнимая части комплексного вектора амплитуд,  $P_0$  – внешняя нагрузка.

На рисунке приведены максимальные прогибы стержня из стали длиной 1м, жёстко закреплённого с двух сторон из стали, вызванные синусоидальной нагрузкой.

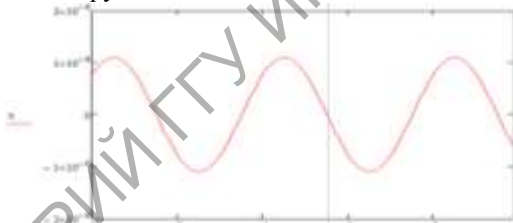


Рисунок – Максимальные прогибы в стержне

Результаты моделирования сравнивались с решением, полученным в пакете ANSYS. Расхождение полученных результатов не превысило 12%.

### Литература

1. Зенкевич, О.С. Метод конечных элементов в технике / О.С. Зенкевич – учебник: МОСКВА, «МИР», 1975 – 541 с.
2. Перельмутер А.В. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа: учебник / А.В.Перельмутер, В.И.Сливкер – Киев: Сталь, 2002 – 596с.



**Ю. С. Фильчук**

*(ВА, Минск)*

**УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА  
ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЛОКАТОРОВ  
НА ФОНЕ ПОМЕХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ПЭВМ**

Дальность действия является важной характеристикой радиоэлектронных средств, зависящей от их предназначения, технических параметров и влияния природных факторов, связанных со средой распространения волн. Так как окружающие условия могут изменяться и, в определенной степени, эти изменения не предсказуемы, то расчет дальности действия не всегда подтверждается экспериментальными результатами. Несмотря на принципиальную неточность расчета дальности действия, ошибку можно сделать достаточно малой, так что вычисленная дальность действия может служить разумной оценкой характеристик работы при некоторых средних условиях окружающей среды.

В настоящее время для расчета дальности действия радиолокаторов на фоне помех и с учетом затухания в атмосфере необходимо использовать графики и таблицы, что усложняет и удлиняет процесс расчета. В некоторых источниках расчет предлагается проводить с использованием таблицы Блэйка и ряда графиков, что в целом не облегчает вычислительную задачу.

При этом наибольшие проблемы возникают при расчете удельной эффективной отражающей поверхности гидрометеоров и вносимого ими затухания. В ряде источников для расчета дальности действия радиолокаторов в условиях тумана удельная эффективная отражающая поверхность рассчитывается в зависимости от его водности, а затухание – в зависимости от метеорологической дальности видимости. Формулы для связи этих величин не приводятся. Это является существенным недостатком, поскольку не позволяет учитывать одновременно ослабление и отражение сигнала при прохождении его через область пространства, накрытую туманом.

Предложенный численно-аналитический вариант расчета удельной эффективной отражающей поверхности гидрометеоров и вносимого ими затухания позволяет рассчитывать данные параметры для гидрометеоров в виде осадков через их интенсивность, а для тумана – через метеорологическую дальность видимости.

**А. Н. Хоруженко, С. Ф. Маслович**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕКЛАМНОГО СЕТЕВОГО ТРАФИКА**

Модель рекламного сетевого трафика представляет собой совокупность потенциальных клиентов, рекламодателей, производителя и связей между ними. Модель реализована в среде AnyLogic [1], где были созданы собственные активные объекты (java классы), со своими параметрами и методами, имитирующие поведение реальных объектов (людей, рекламодателей и т.д.).

Главной задачей данной модели является, учет всех потенциальных клиентов и рекламодателей, осуществление связи между ними, таким образом, что бы максимизировать прибыль производителя.

В качестве производителя выступает разработчик или владелец некоторого мобильного приложения или сайта на котором в последствии будет размещена реклама. Реклама тщательно подбирается под аудиторию ресурса по некоторым критериям, например по его тематике, местоположению и др. В качестве рекламодателей выступают рекламные компании. Они ориентированы на привлечение потенциальных клиентов посредством рекламирования своего продукта. Рекламодатели платят производителю за показ их рекламы, переход по их ссылкам и т.д. В качестве потенциальных клиентов выступают группы людей, различного возраста, социального статуса и места проживания. Они являются пользователями некоторых интернет ресурсов или мобильных приложений.

Для реализации данной модели был выбран метод агентного моделирования. Данный метод моделирования максимально подходит для описания поведения потенциальных клиентов.

В среде AnyLogic была сделана детальная презентация исследования, с графиками зависимостей, диаграммами и анимацией, позволяющая наглядно оценить актуальность системы. Созданную модель можно симулировать в реальном времени или задать любую единицу модельного времени (день, месяц, год). В ходе симуляции модели можно изменять скорость времени. Таким образом можно оценить поведение потенциальных покупателей, за любой промежуток времени и на основе сделанных выводов поменять некоторые концепции и повысить доход.

## Литература

1. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.

**В. А. Юрьев, Е. С. Драгун**  
(БИП, БНТУ, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА**

Современное состояние энергоемкости технологических операций производства топливных брикетов требует снижения энергоемкости и улучшения качества сырья, которых можно добиться:

- а) при производстве фрезерного торфа за счет оптимального планирования его вывозки;
- б) за счет оптимального распределения технологического оборудования на производственном участке;
- в) уменьшением дисперсии влажности и зольности торфа;
- г) улучшением фракционного состава, снижением влажности сырья, увеличением его плотности;
- д) при переработке торфа и угля в брикеты [1].

Это достигается за счет изменения насыпной плотности и состава сырья в подготовительном отделении брикетного завода; дополнительного уплотнения сусушки и увеличения ее температуры в сушильном и прессовом отделениях. Все стадии процесса обогащения можно оценить критерием оптимизации, характеризующимся отношением

$$K = \frac{Q_n}{\sum Q_1 + \sum Q_2} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $Q_n$  – потребление энергии топливных брикетов;  $\sum Q_1$  – суммарные энергозатраты на подготовке, добыче, погрузке и транспорте торфа;  $\sum Q_2$  – суммарные энергозатраты на переработку торфа в подготовительном, сушильном и прессовом отделениях, включающие расходы топлива, сырья, тепла и электроэнергии.

Коэффициент энергетической эффективности определяется как

$$R_i = \frac{e_i}{\vartheta_i}, \quad (2)$$

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

где  $e_i$  – энергосодержание (энергетическая ценность)  $i$ -й продукции, МДж/т;  $\mathcal{E}_i$  – полная энергоёмкость (полные удельные затраты энергии), МДж/т.

Для решения этих вопросов нами использован метод имитационного моделирования, который позволил найти оптимальные значения исследуемых факторов.

### Литература

1. Березовский, Н.И. Обогащение и комплексное использование минеральных ресурсов : монография / Н.И.Березовский, С.Н.Березовский. – Минск : БИП, 2012. – 92 с.

**В. И. Ярмалкевич**

(ВА, Минск)

### **О ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Построение математических моделей сложных организационно-технических систем основано, как правило, на использовании упрощенных методик, базирующихся на основе разновидностей методов динамики средних, боевых потенциалов. Однако зачастую специфика моделируемых объектов такова, что любое упрощение ведет к значительному искажению получаемого результата. Достоверность воспроизведения процесса реализации модели определяется полнотой учитываемых в модели факторов и оценкой их влияния на ход моделируемого процесса. Даже в принятых на обеспечение комплексах моделирования в моделях соответствующих образцов вооружения принят целый ряд ограничений и допущений, существенно снижающих степень адекватности разработанных моделей. В этих условиях наиболее эффективным становится имитационный подход, обеспечивающий учет основных факторов, определяющих ход и исход моделируемого процесса.

При имитационном моделировании процесс противоборства воздушного противника и средств ПВО рассматривается в виде сложной динамической системы. Воспроизведение такой системы заключается в пошаговом изменении ее состояний и параметров. Для достаточно ко-

роткого шага времени принимается, что все показатели функционирования системы статичны, а внешние воздействия неизменны. Для этих условий получаются вероятностные оценки изменений показателей системы для рассматриваемого шага времени. Использованием случайного розыгрыша определяются их значения для следующего шага. Представленный подход к моделированию применения многоканальных зенитных ракетных систем (ЗРС) для решения задач ПВО основывается на предположении, что зная состояние и параметры ЗРС на текущий момент времени, мы можем предсказать их на следующий момент времени. Чем короче прогнозируемый интервал времени и чем полнее информация о текущем состоянии системы, тем достовернее оценки ее будущего состояния.

- Модернизируемая комплексная математическая имитационная модель применения многоканальных ЗРС для решения задач ПВО представляет собой иерархическую структуру и базируется на широком использовании современных информационных технологий, включая электронные карты местности. Ее основу составляют модели-прототипы составных элементов ЗРС. Модель решает задачи, связанные с оценкой возможностей подразделений ПВО, позволяющих качественно решать поставленные задачи в современных условиях.

**С. Н. Ярмолик, А. С. Храменков, Д. В. Вергинский**  
(ВА, Минск)

### **ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА ВАЛЬДА**

В докладе рассматриваются особенности использования последовательного критерия отношения вероятностей (ПКОВ) Вальда для проверки статистических гипотез применительно к задаче обнаружения сигналов в условиях параметрической априорной неопределенности.

Процедура проверки гипотез, основанная на классическом критерии Неймана-Пирсона, предполагает использование фиксированного объема выборки. В докладе отмечается, что эффективным методом уменьшения среднего объема выборки и связанных с этим временных затрат может служить ПКОВ Вальда, в котором длительность процесса наблюдения заранее не фиксируется, а определяется ходом реализации наблюдаемого процесса. В этом случае применяется правило принятия

решения, использующее два порога: верхний –  $A$  и нижний –  $B$ . Значения порогов получены А.Вальдом [1] и определяются требуемыми вероятностями ошибок 1-го ( $\alpha$ ) и 2-го ( $\beta$ ) рода:  $A = (1-\beta)/\alpha$  и  $B = \beta/(1-\alpha)$ . Правило принятия решения предполагает на каждом шаге вычисление логарифма отношения правдоподобия  $Z$  и сравнение его с пороговыми значениями. Если  $Z \geq A$  то принимается основная гипотеза; если  $Z \leq B$  – принимается альтернативная гипотеза; если же сформированная величина  $Z$  заключена между верхним и нижним порогами ( $B \leq Z \leq A$ ), решение не принимается и продолжается наблюдение.

В докладе представлены выражения для последовательной решающей статистики, приведены значения останавливающих границ для полученной статистики.

Отмечается, что в некоторых случаях использования ПКОВ возможны ситуации «затягивания» процедуры: когда отдельные испытания длятся достаточно долго, а значит и среднее число этапов наблюдения становится недопустимо большим. В связи с этим в докладе рассмотрены варианты усечения последовательной процедуры проверки статистических гипотез.

Использование критерия Вальда обеспечивает оптимальность принимаемых решений, к тому же в большинстве случаев ПКОВ позволяет сократить время принятия решения. Отмеченный факт делает критерий Вальда выгодным для технической реализации в радиолокационных системах.

### Литература

1. Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд. – М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.



## СОВРЕМЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Прикладные программно-  
аппаратные системы*

**И. С. Анищенко**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВ КЛАССОВ КЛАСТЕРНЫХ СТРУКТУР**

При решении реальных задач на основе использования методов математической теории распознавания образов, исследователи сталкиваются с необходимостью формального представления образов классов в соответствующем многомерном признаковом пространстве.

Предположим, что определены алфавит классов  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$  и априорный словарь признаков  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ . Каждый отдельный объект класса описывается  $n$  признаками из словаря в виде вектор-столбца  $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – значение  $i$ -го признака. Объединение всех объектов из всех классов образует классифицированную обучающую выборку, которая описывается в виде таблицы типа “объект-свойство” и формально представляется в виде матрицы  $X_{n \times m}$ , где  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_k$ , а  $m_i$  – количество объектов  $i$ -го класса.

Для формального представления образов классов предлагается на основе всех экземпляров класса строить соответствующую кластерную структуру. Каждый отдельный экземпляр класса представляет собой вектор в пространстве  $R^n$  с координатами вершины  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – значение  $i$ -го признака, то объединение всех векторов одного класса в кластерную структуру и будет представлять собой формальное описание класса.

Построение кластерных структур можно осуществить на основании универсального алгоритма, предусматривающего выполнение 4 шагов:

1. Начальная инициализация центров кластеров.
2. E-шаг (expectation): происходит ассоциация между элементами данных и кластерами, которые представлены своими центроидами.
3. M-шаг (maximization): пересчитываются центры кластеров, как средние значения от данных, которые были включены с соответствующий кластер (происходит модификация параметров модели с целью максимизировать вероятность попадания элемента в выбранный кластер).
4. Шаги 2-3 повторяются до сходимости, либо пока не выполнится другой критерий останковки алгоритма.

### Литература

1. Родченко, В.Г. Об одном методе реализации процедуры обучения при построении системы распознавания образов / В.Г. Родченко. // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2006. – №4. – С.73-76.

**А. Д. Анкуда**  
(БГТУ, Минск)

### **РЕАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ХЭШ-ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ХАОТИЧЕСКОЙ НЕЙРОСЕТИ**

Предоставленная в работехэш-функция на базе трехслойной хаотической нейросети в качестве сжимающего блока используется сама сеть. В качестве передаточной функции используется кусочно-линейное хаотическое отображение, обладающее всеми свойствами динамических систем детерминированного хаоса. Три составляющих её слоя реализуют перемежение, диффузию и пространственное сжатие данных.

Перед началом хэширования производится дополнение сообщения до необходимой длины по алгоритму Меркле-Дамгарда. Реконфигурация весовых коэффициентов производится посредством псевдослучайного «генератора ключей». На первом шаге он инициализируется ключом пользователя (или predetermined значениями в версии без ключа пользователя), на последующих шагах – выходным значением нейросети, для каждого блока сообщения. Выходное значение нейронной сети для последнего блока представляет собой дайджест всего сообщения[1]. Описанная схема хэширования представлена на



рис. 1.

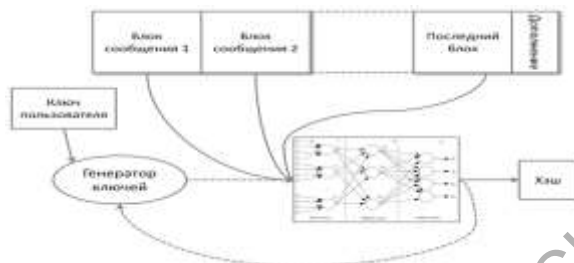


Рисунок 1 – Поблочная схема хеширования

Реализованный алгоритм удовлетворяет основным требованиям криптографической стойкости для хэш-функций: стойкость к восстановлению прообраза, стойкость к коллизиям первого рода, стойкость к коллизиям второго рода.

#### Литература

1. Yantao, Li. A novel Hash algorithm construction based on chaotic neural network / Yantao Li, Di Xiao, Shaojiang Deng // Neural Comput&Applic, Springer-Verlag London Limited. – 2010. – P. 133–141

**Г. Р. Байтингер, Д. С. Таранцей**

*(ГрГУ им.Янки Купалы, Гродно)*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ШИФРОВ ЗАМЕНЫ МЕТОДАМИ КЛАССИЧЕСКОЙ КРИПТОГРАФИИ**

Если немногим больше двадцати лет назад криптография была закрытой наукой, методы и исследования в которой проходили под грифом секретности, а литературы на русском языке практически не было, то теперь возникла необходимость знакомить с основами компьютерной безопасности не только студентов, но и школьников старших классов.

В рамках работы, проводимой на кафедры системного программирования и компьютерной безопасности ГрГУ им.Я.Купалы мы создаем учебный ресурс «Стойкость шифров замены», который бы мог частично устранить недостаток популярной литературы в этой области.

Нами был проведен эксперимент по изучению стойкости классических шифров замены к криптоанализу методом частотного анализа.

В качестве шифров были выбраны шифр Цезаря, шифр Плейфера, основанный на биграмах, шифрование квадратом Вижинера.

Частотный анализ – это основной инструмент для взлома большинства классических шифров перестановки или замены. Данный метод основывается на предположении о существовании нетривиального статистического распределения символов, а также их последовательностей одновременно и в открытом тексте, и в шифротексте. Причём данное распределение будет сохраняться с точностью до замены символов как в процессе шифрования, так и в процессе дешифрования.

Для среднестатистического текста (в качестве которого взята 1-я часть романа Нила Стивенсона «Криптономикон» на английском языке и ее переводы на русский и немецкий. Объем файла – около 1 мегабайта), были получены частотные характеристики вхождения отдельных букв, биграмм и триграмм. Текст предварительно приведен к верхнему регистру. Программа для получения частотных характеристик написана на языке Python с использованием библиотек SciPy и библиотекой PIL (Python Imaging Library) для простейшей обработки изображений.

Программный эксперимент продемонстрировал нестойкость шифров замены, ввиду того, что сохраняется картина классического распределения частот символов открытого текста и шифротекста.

Использование шифра Плейфера требует построения частотных таблиц для биграмм, что значительно усложняет анализ.

Использование шифра Вижинера нарушает классическое распределение частот символов алфавита и не позволяет использовать для криптоанализа шифротекста методы частотного анализа. Более того, в зависимости от используемого ключевого слова гистограммы частот получаются весьма непохожими друг на друга, что тоже усиливает криптостойкость шифра.

Однако распределение частот далеко от равномерного, что подтверждает возможность криптоанализа таких шифротекстов.

**А. Т. Барановский**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

**О РАЗРАБОТКЕ ОБЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРАКТИВНОГО  
ПОРТАЛА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО КОММУНИКАЦИИ  
В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Согласно социологическим исследованиям установлено, что люди

повседневно занимающиеся научной деятельностью, от 50 до 90 % всего своего времени затрачивают на коммуникации. На первый взгляд это может показаться невероятным, но становится хорошо понятным, если учесть, что участник высшего образования как системы должен быть постоянно включен в коммуникационные процессы, чтобы реализовать свои роли и задачи в межличностных отношениях, в информационном обмене со многими людьми, в процессе принятия решений.

Вследствие изложенного выше коммуникация является основным и связующим процессом в осуществлении деятельности высшего образования как системы. Вследствие этого становится актуальной разработка общего окружения, обеспечивающего коммуникации в системе высшего образования. Данное информационное окружение должно позволять реализовать следующие функции системы коммуникаций: иерархичность участников; интерфейсы взаимодействия участников; накопление и передача информации; разделение обязанностей в системе коммуникаций; планирование и отчетность проделанной работы посредством системы коммуникаций; организация совместной деятельности; трансляция культуры и т.п.

В качестве такого оптимального информационного окружения может выступать интерактивный портал, позволяющий организовать систему коммуникаций между участниками.

### Литература

1. Основные положения образовательной деятельности университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mgupi.ru/today/docs/uchprocess/osnovnyue-polozheniya/>. – Дата доступа: 24.02.2013.

**И. Н. Белянский, В. И. Кириллов**

*(ВА, Минск)*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ФАНТОМНОЙ ЦЕПИ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФИЗИЧЕСКИХ ПАР МЕДНО-КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СЕТЯХ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА**

Для передачи цифровой информации существует потенциальная возможность применения фантомной цепи (ФЦ). Предполагается, что это

позволит при неизменной длине участка регенерации увеличить пропускную способность медного кабеля связи, либо при неизменной пропускной способности увеличить максимальную длину участка регенерации.

Отсутствие математического описания ФЦ не позволяет провести полноценное моделирование цифровых систем передачи. Поэтому целью данной работы является применение существующих методик математического описания физических цепей для математического описания ФЦ. В частности, получить аналитическое выражение для волнового сопротивления и коэффициента распространения на основе первичных параметров физических цепей.

Коэффициент распространения является комплексной величиной и его можно представить в алгебраической форме  $\gamma = \alpha + j \cdot \beta$ , где  $\alpha = \alpha(f)$  – коэффициент затухания, а  $\beta = \beta(f)$  – коэффициент фазы [1].

В результате проведённых расчётов модуль волнового сопротивления ФЦ оказался в 2,828 раза меньше, чем физической цепи, что предъявляет дополнительные требования к согласованию цифровых систем передачи, подключаемым к ФЦ, по сопротивлению. Результаты расчёта подтверждают полученные ранее результаты экспериментальных измерений [2].

Полученные математические выражения для параметров ФЦ позволяют проводить исследования возможности применения ФЦ для передачи цифровой информации.

Рассмотрен случай идеальной ФЦ, однако использование математических выражений для первичных параметров каждой токопроводящей жилы даёт возможность учесть неидеальность ФЦ и провести исследования компенсации неидеальностей ФЦ.

## Литература

1. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 1 – Теория передачи и влияния / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; Под ред. В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2011. – 424 с.
2. Кириллов, В.И. Возможность использования фантомных цепей для высокоскоростной передачи данных: экспериментальные исследования / В.И. Кириллов, А.И. Белко, Д.Ф. Малашкевич // Веснік сувязі,

**И. А. Бирюк**

*(БГТУ, Минск)*

### **АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ АЛГЕБРЫ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ**

Использование нейронных сетей для решения задач защиты информации предложено И. Кантером и В. Кинцелем и основано на использовании архитектуры TRM (англ. Tree Parity Machine, древовидная машина четности). Протокол обмена ключами на основе нейронных сетей основан на синхронном обучении. Обучение двух нейронных сетей с использованием их общих выходных величин ведет к возникновению одинаковых векторов весов, которые в последующем используются как ключевая информация [1].

В данной работе проведено исследование сходимости нейронных сетей на основе алгебры комплексных чисел. Использование алгебры комплексных чисел позволяет увеличить количество возможных результирующих векторов весов в несколько раз по сравнению с классической архитектурой, построенной на основе алгебры действительных чисел.

Реализовано приложение, моделирующее совместное обучение двух нейронных сетей. Разработанное программное средство позволяет задавать различные параметры нейронных сетей, такие как: количество входных нейронов, количество персептронов, диапазон изменения действительной и мнимой части комплексного числа. Разработанное приложение позволяет также проводить до 10000 опытов с заданными параметрами нейронных сетей в автоматическом режиме с последующим выводом отчета в файл.

Проведено порядка 20000 опытов с различными параметрами нейронных сетей. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проведённых опытов

Количество входных нейронов	Количество персептронов	Диапазон изменения величин комплексного числа	Количество проведённых опытов	Количество удавшихся опытов	Среднее время синхронизации, с.
5	3	$\pm 3$	10000	9497	1,556154
5	3	$\pm 3$	10000	9459	1,384785

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

5	3	±6	10000	9513	2,017911
---	---	----	-------	------	----------

В таблице «удавшийся опыт» соответствует наступлению синхронизации между двумя сетями.

## Литература

1. Плонковски, М. Криптографическое преобразование информации на основе нейросетевых технологий / М. Плонковски, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. Сер. VI. Физико-математические науки и информатика. – Минск: БГТУ, 2005. – С. 161–164.

**Е. В. Бобовик**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Система кадрового обеспечения, как часть системы высшего образования, является одной из сфер аналитической обработки данных, для которой использование цифровых технологий при обработке данных является актуальным. Однако, по многим причинам теоретическое обоснование и практическая реализация общего концепта еще далека от завершения, по крайней мере, в пределах Республики Беларусь.

Предлагаемая аналитическая система кадрового обеспечения будет основана на использовании данных, находящихся в хранилище, и процессов, работающих с этими данными [1]. Кроме того, аналитическая система будет использовать совокупность программных средств, предназначенных для обработки больших массивов данных, а также предоставляющих аналитику средства интеллектуального анализа. Понятно, что необходимость взаимодействия с транзакционными СУБД позволит постоянно пополнять хранилище новыми данными, что обеспечит, в дальнейшем, возможность поиска некоторых закономерностей в накапливаемых данных. Немаловажной частью системы является предоставляемый API. Т.к. предлагаемая аналитическая система является сложным комплексным объединением различных подсистем, предоставление программных интерфейсов со стороны каждого из модулей представляется весьма трудным в разрезе будущего использования и его поддержки в дальнейшем. В силу этого было принято решение раз-

работать отдельный пакет инструментов на одном программном уровне с целью предоставления единой точки входа извне в программный интерфейс. В свою очередь, реализованные в данном пакете инструменты будут обращаться, по мере необходимости, ко всем имеющимся компонентам системы. Предлагаемая реализация немного затрудняет расширение базовой системы в плане необходимости предусматривать отдельную надстройку для каждого нового модуля системы, которая в дальнейшем окажется в пакете API. Однако сложность такого рода полностью компенсирует сложность реализации распределенных точек входа в программный интерфейс по всей системе, которые, в свою очередь, могут создать вероятность ошибок из-за неоглашенных изменений в каком-либо из интерфейсов, а также поставить под удар защищенность всей аналитической системы.

### Литература

1. Барсегян, А.А. «Методы и модели анализа данных – ОБАР и Бала Мтг§» / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод // Учебное пособие. – СПб : БХВ-Петербург, 2004. – 335 с.

**В. В. Бойко, Н. В. Михайлов**  
(ВА, Минск)

### **РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОЛУНАТУРНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОУРОВНЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

В середине 90-х прошлого столетия при министерстве обороны США было создано специальное подразделение DMSO (Defence Modeling & Simulation Office), которое в 1996 году начало координировать исследования по созданию специальной технологии HLA, определяющей общую архитектуру всех разрабатываемых в США систем моделирования. С этого момента всем разработчикам средств и систем моделирования предписывалось следовать принципам HLA. И до настоящего времени DMSO отвечает за распространение и поддержку всех стандартов HLA. В 1998 году HLA была номинирована для стандартизации в NATO. В сентябре 2000 года процесс создания HLA был отмечен важным событием: версия 1.3 была принята в качестве стан-

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

дорта IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 1516.

Стандарт IEEE 1516 (HLA) определяет: основные функциональные элементы, интерфейсы, правила проектирования, допустимые для использования во всех приложениях в области имитационного моделирования, и позволяющие создать основу для разработки новых систем имитации с конкретной архитектурой. Ключевыми понятиями HLA являются федерация (Federation) и RTI (Runtime Infrastructure).

В качестве федератов, которые являются объединением компонентов имитационного моделирования, могут рассматриваться:

- имитационные модели и системы имитации (по терминологии HLA “созданные” (constructive) участники);
- тренажёры и модели, интерактивно управляемые людьми – по терминологии HLA – “виртуальные” (virtual) участники;
- реальные образцы техники или системы связи и управления (по терминологии HLA – “живые” (live) участники);
- специализированное программное обеспечение, предназначенное, например, для решения задач сбора, обработки и представления информации.

RTI – это второй функциональный компонент технологии HLA. Этот компонент представляет по сути дела операционную систему, обеспечивающую взаимодействие федераций и федератов.

Поддержка широкого спектра программно-аппаратных платформ, объектно-ориентированная структура гибкость архитектуры и широта функциональных возможностей обуславливают целесообразность освоения и применения принципов и архитектурных решений HLA.

**Е. И. Бриганов, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РАЗВЕДОЧНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

В настоящее время достаточное количество разработок относится к автоматизации обработки медицинских диагнозов, что выражается, главным образом, в создании компьютерных версий известных методов определения признаков болезней и методов лечения, ранее предназначенных для «ручного» употребления. Основной задачей можно считать обеспечение врачей качественными диагностическими инструментами, создаваемыми на базе новых информационных технологий.

Факторный анализ – метод многомерной математической стати-



стики, применяемый при исследовании статистически связанных признаков с целью выявления определенного числа скрытых от непосредственного наблюдения факторов. Задача факторного анализа состоит в замене набора параметров меньшим числом некоторых категорий («факторов»), являющихся линейной комбинацией исходных параметров. Удовлетворительным решением служит такая система факторов, которая достаточно адекватно передает информацию, имеющуюся в наборе параметров. Таким образом, главная цель факторного анализа – сжатие информации, экономное описание.

Настоящая статья описывает созданное в среде Borland Delphi 7 программное приложение автоматического анализа данных, которое упрощает работу врача больницы. Основное внимание при разработке приложения уделялось методу главных компонент.

С целью проведения факторного анализа на реальных данных из приёмного покоя больницы города Минска 1 марта 2013 года у 40 пациентов были взяты следующие 14 показателей: пол, возраст, место проживания, резус-фактор (Rh), группа крови, рост, вес, артериальное давление систолическое, артериальное давление венозное, частота сердечных сокращений (ЧСС), диурез, холестерин, гемоглобин, гематокрит. Используя метод главных факторов, выделяются так называемые главные факторы которые группируют остальные, тем самым уменьшая размерность, что облегчает работу с описанием исследуемых объектов – пациентов больницы. Далее исследователем проводится интерпретации полученных результатов, но иногда интерпретация невозможна.

Таким образом, за счет автоматизации постановки диагноза пациенту, наблюдается ряд положительных эффектов: быстрое получение результатов, эксперт освобождается от трудоемких рутинных действий, исключаются ошибки обработки исходных данных, что существенно облегчает работу медицинскому персоналу.

**С. Н. Буйневич, Н. Б. Осипенко**  
(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

Генетические алгоритмы представляют собой алгоритмы поиска, построенные на принципах, сходных с принципами естественного отбора и генетики: выживания наиболее перспективных особей – решений и

позволяют найти одно из лучших, но не оптимальное решение задачи.

В данной работе приводятся новые возможности, описанные в статье [1], посвященной примеру применения теории генетических алгоритмов для отыскания кратчайшего маршрута объезда точек любой местности, в зависимости от выбранной карты. Основным инструментом данной реализации является visual studio 2010. Программа может быть рекомендована к использованию, например, в турфирмах при просчете наиболее удобного маршрута для туристического похода, предполагающего посещение большого числа мест, а также как инструмент для курьерских компаний, позволяющий определять маршрут доставки товаров.

Для решения задачи была применена перестановка чисел от 1 до  $n$  ( $n$  – общее количество городов), отображающая последовательность посещения городов. Значение целевой функции определяется суммой расстояний, вычисленной в соответствии с матрицей расстояний. В основной части функционала реализовано: получение исходных данных, основные операторы генетического алгоритма (кроссовер и мутация), составление исходной популяции, проверка корректности ввода данных пользователем, расчёт кратчайшего пути.

Матрица расстояний содержится в заранее заполненной базе данных под конкретный регион, в частности, для гомельской области. Исходными данными для программы также являются: количество поколений, уровень сходимости, вероятность мутации. Все эти данные предоставлены для ввода пользователю. «Количество поколений» – количество итераций пересчёта наилучшего пути в алгоритме. «Вероятность мутации» – вероятность, с которой будет происходить смена позиций городов в маршруте. «Уровень сходимости» определяет расстояние, минимум на которое должно улучшиться значение целевой функции. Если улучшения нет, то высокая похожесть особей привела к чрезвычайно медленному улучшению и процесс нужно остановить.

## Литература

1. Круппа, Д.В. Разработка приложения решения задачи коммивояжёра средствами генетических алгоритмов / Д.В. Круппа // Творчество молодых 2012: сборник научных работ студентов и аспирантов УО «ГГУ им. Ф. Скорины»: в 2 ч. / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; отв. ред. О.М. Демиденко. – Гомель, 2012. – Ч. 1. – С.172-176.

**А. А. Бысов, Е. В. Машкин**

*(ВА, Минск)*

## **САМОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА ЗАДЕРЖКИ ОЖИДАНИЯ ПАКЕТОВ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА В БУФЕРЕ МАРШРУТИЗАТОРА**

Многочисленные исследования сетей связи, проводимые в рамках теории телеграфика, свидетельствуют о наличии фрактальных свойств (свойств масштабной инвариантности или самоподобия) присущих голосовому пакетному трафику [1, 2].

Свойство самоподобия заключается в инвариантной форме вида реализаций трафика при его последовательном агрегировании по оси времени и обусловлено тем фактом, что пакеты передаются группами или пачками из-за наличия входных и выходных буферов в устройствах обработки (маршрутизаторах, концентраторах, серверах) [1].

Для статистического анализа задержки ожидания пакетов в буфере маршрутизатора при различных алгоритмах обработки очередей (FIFO, FQ, SFQ) и интенсивностях входного потока, построена имитационная модель VoIP-сети.

Для описания источников VoIP-трафика использована классическая модель Брэди, которая состоит из модели голосового источника, модели голосового кодека и модели потоков звонков. Структурными элементами модели разговора человека являются активная речь (ON-периоды), паузы (OFF-периоды) и законы распределения длительностей этих периодов [2].

В качестве программного симулятора использован пакет ns-2 (network simulator v.2.27) [5]. Моделирование проводилось на ПЭВМ Acer Aspire 1642ZWLMi. Затраты машинного времени составили 600 с. Выходными данными моделирования является трейс-файл в ASCII формате, в котором зарегистрированы события моделирования. Адекватность имитационной модели установлена путем проверки гипотезы об однородности двух эмпирических выборок (критерий Вилкоксона), полученного с помощью модели и голосового трафика сети Интернет.

В моменты перегрузок происходит лавинообразное возрастание задержки ожидания в буфере маршрутизатора. Ненулевые значения задержек следуют группами (пачками), что свидетельствует о возможной самоподобной (персистентной) структуре ряда. При помощи статистических тестов Диккея-Фуллера (ADF), Филлипса-Перрона (PP),

Квятковского-Филлипса-Шмидта-Шина (KPSS) ряды задержек исследованы на стационарность. Методом R/S-статистик ряды исследованы на самоподобие путем вычисления коэффициента Херста.

Так как значение коэффициент Херста находится в интервале (0.5,1), то ряд задержки имеет самоподобную структуру, а, следовательно, каждый член ряда бесконечно долго влияет на последующие члены ряда. С учетом доказанных свойств самоподобия и стационарности рядов задержки, проведено моделирование ряда с использованием математического аппарата моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего с долговременной зависимостью членов ряда (ARFIMA(p,d,q)).

Математическое ожидание ошибки прогнозирования равно  $M_o = 3.8\%$ , коэффициент корреляции рядов равен  $r = 0.73$ .

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- задержка ожидания пакетов голосового трафика в буфере маршрутизатора является стационарным случайным процессом;
- задержка ожидания пакетов в буфере маршрутизатора проявляет свойства долговременной зависимости;
- прогнозирование задержки ожидания пакетов может быть осуществлено с высокой точностью при помощи ARFIMA-моделей;
- для повышения эффективности обработки голосового пакетного трафика маршрутизаторами, целесообразно учитывать прогнозируемое значение задержки ожидания пакета в буфере маршрутизатора.

### Литература

1. Заборовский, В.С. Исследование процессов в компьютерных сетях / В.С. Заборовский, В.А. Мулюха, Ю.Е. Подгурский. – СПб.: СПбГПУ, 2009. – 204 с.
2. Biernacki, A. Statistical analysis of VoIP streams / A. Biernacki // 7<sup>th</sup> Conference Internet – Wroclaw. – 2005.
3. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

**М. В. Войгас, Д. А. Сафаров**

*(ГрГУ им. Я. Купаль, Гродно)*

### **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ КНИГ**

Учитывая современные тенденции в сфере медиаразвлечений,

огромную популярность приобретают направления, в которых человек принимает личное участие. Как правило, конкретное направление характеризуется определенной совокупностью некоторых объектов, которые условно назовем произведениями. Отметим, что какими не были бы произведения (например, книга или сценарий для игры) их следует создавать сразу, а, именно, в том виде, в котором они будут использоваться – в интерактивном. Проектирование и разработка произведений такого плана может быть весьма трудоемкой, и, как правило, требует навыки программирования. С другой стороны, и дистрибуция произведений является также достаточно серьезной проблемой.

Предлагаемое приложение предназначено как для начинающих писателей, так и для людей профессионалов в литературном жанре, которое помогает за минимальное время подготовить определенный фрагмент литературного текста с интерактивными вставками. Под интерактивными вставками понимается возможность пользователя повлиять на представление контента.

Существующие приложения данной тематики, как правило, не ориентированы на рядового пользователя. Их сложность, а также специфичность жанра, вынуждают его разбираться в техническом аспекте приложения и не позволяют сосредоточиться на написании произведения.

Дистрибуция произведений также должна быть организована определенным образом. Учитывая необходимость распространения на разных устройствах и системах, необходимо разработать определенный формат данных, приспособленный для хранения произведений. Также при разработке формата следует учесть возможность расширения функционала интерактивных элементов.

Таким образом, разрабатываемый продукт является конструктором интерактивного текста и располагает простым, но, в то же время, мощным функционалом. Предлагаемый конструктор позволяет быстро создавать интерактивные книги даже людям, которые далеки от технических деталей.

**А. А. Ворвуль**  
(БГУИР, Минск)

## **ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Определенная часть используемого сегодня программного обес-

печения (ПО) необоснованно трудна для понимания и изучения, а также сложна в использовании. В результате это приводит к потере пользовательского времени, появлению чувства беспокойства у пользователя и к нежеланию пользоваться данным ПО.

ISO/IEC 25010-2011 дает следующее определение практичности: степень с которой продукт может быть использован определенными пользователями для достижения определенных целей с результативностью, эффективностью и удовлетворенностью в заданном контексте использования. Стандарт определяет трехуровневую иерархическую модель качества программного продукта. На первом уровне расположены восемь характеристик качества, среди которых находится практичность. На втором и третьем уровнях расположены соответственно подхарактеристики и множество мер качества.

Предлагаемый метод позволяет получить количественные данные об уровне практичности ПО посредством привлечения группы пользователей. Данный метод позволяет пользователям влиять на результат вычисления практичности ПО с помощью установления весовых коэффициентов мер и подхарактеристик практичности.

Метод оценки практичности ПО состоит из четырех этапов: 1) поиск весовых коэффициентов с помощью пользователей; 2) формирование тестовых заданий; 3) выполнение тестовых заданий; 4) анализ полученных данных. На данных этапах метода необходима модель практичности ПО.

Предлагаемый метод можно применять совместно с моделями практичности разработанными для ПО различного назначения ([1, 2]).

Применение предложенного метода оценки практичности ПО совместно с моделью практичности ПО, соответствующей модели качества продукта ISO/IEC 25010-2011, дает пользователям и разработчикам ПО возможность объективной оценки и анализа уровня практичности разрабатываемых приложений.

## Литература

1. Бахтизин, В.В. Модель качества практичности программного обеспечения документооборота / В.В. Бахтизин, А.А. Ворвуль. // Доклады БГУИР. – 2012. – №7(69). – С. 78-84.
2. Бахтизин, В.В. Модель практичности программного обеспечения беспроводной связи / В.В. Бахтизин, А.А. Ворвуль. // Информати-

**О. В. Глушко**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **О МОДЕЛИРОВАНИИ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Технология организационного бизнес-моделирования предполагает использование типовых шаблонных техник описания компании.

Любая компания с ее микро- и макроокружением представляет собой иерархию вложенных друг в друга открытых, субъектно-ориентированных систем. Компания, с одной стороны, является частью рынка, а с другой отстаивает в конкурентной борьбе собственные интересы. Миссия представляет собой результат позиционирования компании среди других участников рынка. Поэтому миссию компании нельзя описывать путем анализа ее внутреннего устройства. Миссия в широком понимании представляет собой основную деловую концепцию компании, изложенную в виде восьми положений, определяющих взаимоотношения компании с другими субъектами.

В соответствии с разработанной Миссией компании определяются социально значимые потребности, на удовлетворение которых направлен бизнес компании.

Разработка бизнес-потенциала компании может быть выполнена по Шаблону формирования бизнесов.

В результате формируются базовый рынок и базовый продукт, детализация которых определяет предложения компании глазами покупателей (товарные группы) и однородные по отношению к продуктам компании группы покупателей (сегменты рынка). С помощью матричной проекции устанавливается соответствие между сформированными товарными группами и сегментами рынка и определяется список бизнесов компании (на пересечении строк и столбцов находятся бизнесы компании).

На основании списка бизнесов, с помощью матричной проекции формируется классификатор бизнес-функций компании.

Формирование зон ответственности за функционал компании выполняется с помощью матрицы организационных проекций.

### **Литература**

1. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования // Э. Гамма, Р. Джонсон, Дж. Влисси-

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

дес. – СПб: «Питер», 2007.

2. Грекул, В.И. Проектирование информационных систем // В.И. Грекул, Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. – Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру, 2005.

**С. В. Грико, И. Д. Монченко**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ**

В современном мире, практически, во всех сферах человеческой жизни используются информационные технологии. Производство, научно-исследовательская деятельность, образование, различные коммуникации и т.д. – каждая из сфер человеческой деятельности нуждается в обработке огромных потоков информации, а также – в информационном обслуживании. Здравоохранение – один из важнейших институтов безопасности нации, который также нуждается в систематизации, контроле и анализе накопленных знаний. В частности, предлагаемая разработка представляет собой систему, которая оказывает поддержку людям в организации здорового образа жизни, предоставляя, при необходимости, различную информацию и сервисы в зависимости от требований пользователей.

Как известно, на сегодняшний день существует множество ресурсов подобного рода. Однако обилие и противоречивость информации порой дезориентирует пользователей. Предлагаемая система позволит систематизировать данные о показателях полезности продуктов в соответствии с индивидуальностью каждого пользователя, хранить статистику о питании, рационе и т.п., а также визуализировать результативность используемых методик.

При разработке системы был использован объектно-ориентированный язык Java на основе шаблона проектирования MVC, что обеспечивает бесшовную интеграцию с базой данных. В рассматриваемом случае система сформирована и, в дальнейшем, может быть без труда модифицирована. Это касается как непосредственно ее интерфейса, так и самого контента.

В дальнейшем приложение может использоваться в оздоровительных учреждениях, диетологами и тренерами, а также простыми



пользователями.

**Ф. А. Громак, Г. Л. Карсева**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЯЗЫКЕ JAVA**

Современные приложения должны быть безопасны, высокопроизводительны, работать в распределенной среде, быть нейтральны к архитектуре. Все эти факторы привели к необходимости нового взгляда на сам процесс создания и распределения приложений на множестве машин различной архитектуры. Требования к переносимости заставили отказаться от традиционного способа создания и доставки бинарных файлов, содержащих машинные коды и, следовательно, привязанных к определенной платформе. Созданная компанией Sun Microsystems система разработки Java удовлетворяет всем этим требованиям. Java – объектно-ориентированный язык, удобный и надёжный в эксплуатации благодаря таким своим достоинствам, как многозадачность, поддержка протоколов Internet и многоплатформенность. Java – это интерпретируемый язык, и каждая Java-программа компилируется для гипотетической машины, называемой Виртуальная Машина Java. Результатом такой компиляции является байт-код Java, который в свою очередь может выполняться на любой операционной системе при условии наличия там системы времени выполнения Java, которая интерпретирует байт-код в реальный машинный код конкретной системы.

Однако такая универсальность данной технологии рождает недостаток – требовательность к ресурсам компьютера. Так как Java-программы не содержат машинного кода и при их запуске включается в работу система времени выполнения Java, их производительность заметно ниже, чем у обычных программ, составленных, например, на языке программирования C++. Данный недостаток становится с течением времени всё менее ощутим, в следствии роста вычислительной мощности компьютерных систем.

Язык Java является объектно-ориентированным и поставляется с достаточно объемной библиотекой классов. Библиотеки классов Java значительно упрощают разработку приложений, предоставляя в распоряжение программиста мощные средства решения распространенных задач. Поэтому программист может больше внимания уделить решению прикладных задач, а не таких, как, например, организация динамических массивов, взаимодействие с операционной системой или ре-

ализация элементов пользовательского интерфейса.

Целью данной работы является создание игрового приложения, которое показывают все вышеперечисленные достоинства языка Java.

**В. В. Гузова, М. И. Жадан**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ DB2**

DB2 – это семейство систем управления реляционными базами данных, выпускаемых корпорацией IBM. DB2 обладает такими функциональными возможностями как: мультиплатформенность, возможность копирования данных средствами устройства хранения данных, онлайнная реорганизация таблиц (REORG, реорганизация "на месте"), поддержка High Availability Disaster Recovery (HADR), поддержка 64-разрядных экземпляров, поддержка Materialized Query Tables (таблицы материализованных запросов), Query Parallelism (параллелизм запросов), Multidimensional Clustering Tables (MDC, многомерная кластеризация таблиц), поддержка сжатия данных при резервном копировании, поддержка SQL-репликации, поддержка Database Partitioning (разбиение баз данных), DB2 Text Search. DB2 поддерживает создание типов данных, функций, определяемых пользователем, триггеры, реляционные расширители.

Функции, определяемые пользователем, позволяют скрывать внутреннее представление данных от приложения, обеспечивая некоторую инкапсуляцию данных, определять новые операции как для базовых типов данных, так и для типов, определяемых пользователем, позволяют достичь многократного использования кода за счет того, что операции, общие для различных приложений, хранятся на сервере, а не включаются в каждое отдельное приложение. Для реализации этих функций используются языки программирования, а для их регистрации в СУБД – введенный в язык определения данных оператор CREATE FUNCTION.

DB2 поддерживает механизм перегрузки имен пользовательских функций, однако он не позволяет связывать функции с конкретными элементами данных, как связаны методы и объекты при объектном подходе.

Триггеры определяют набор операций, которые выполняются при возникновении определенных событий в базе данных, например при обновлении таблицы. Они могут использоваться для выполнения функций, которые при объектно-ориентированном подходе выполня-

ются методами (например, проверка корректности вводимых значений), или конструктором (присвоение значений при создании новой записи). Использование триггеров позволяет сделать данные "активными", моделировать не только структуру и свойства, но и поведение хранимых в БД объектов данных.

В настоящее время существует пять реляционных расширителей DB2 (DB2 Relational Extenders), которые предоставляют широкие возможности для работы с нетрадиционными данными, используя возможность определения пользовательских типов данных и функций. Для хранения мультимедиа данных расширители используют поддерживаемые DB2 большие объекты, а для поддержания целостности по ссылкам – триггеры.

**Д. П. Дубровин**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **ОБ АГРЕГИРОВАНИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА**

В настоящее время наблюдается более плотное сосуществование человека и информационного пространства, проникновение которого осуществлено, фактически, во все сферы жизнедеятельности общества. Простые системы анализа сведений социальных взаимодействий людей между собой в искусственно смоделированных ситуациях (опросы на улицах, небольшие социальные эксперименты над добровольной группой лиц [1]) не приносят той качественной оценки, которую позволяет получить анализ социальных взаимодействий респондентов в социальных сетях. Именно анализ такого рода интерактивных взаимодействий позволяет получить отображение реального поведения человека или группы лиц на виртуальную плоскость общения. Такой подход дает возможность более широко подойти к вопросу моделирования поведения человека, позволяет дать разностороннюю оценку поведению.

Основными возможными средствами оценки социальных взаимодействий являются сообщества в социальных сетях, являющиеся своеобразными сообществами внутри сообществ. Когда кто-то присоединяется к сообществу, его персональная сеть совсем необязательно присоединяется вместе с ним. Присоединяясь к сообществу и, взаимодействуя с другими его участниками, потенциальный объект создает сла-

бые связи. Если взаимодействия были желаемы обеими сторонами, а для их развития в течение определенного времени существовала подходящая среда, то некоторые из этих возникших слабых связей вырастают в сильные связи, которые неизбежно становятся частью персональной социальной сети объекта.

Все это позволяет проводить мониторинг споров и суждений объектов социальных сетей, проводить анализ зависимости выбираемой модели поведения каждого отдельно взятого объекта, группируя и объединяя их.

Использование Online Big Data и пользовательского контента социальных сетей как поля для анализа, является прямым путем для выявления трендов и общественных настроений, прогнозирования будущего. Разработка соответствующей системы анализа является особо актуальной, т.к. ее практическое применение может быть найдено в сферах здравоохранения, политики, демографии и т.д.

### Литература

1. Asch, Solomon Elliott. Social psychology / Solomon Elliott. Asch – Oxford : Oxfordshire and New York: Oxford University Press, 1987. – 646 с.

**Е. В. Жавнерко**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **СОЗДАНИЕ ОБОБЩЕННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В РАМКАХ КАФЕДРЫ**

Учитывая интенсивное внедрение новых информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс учебного заведения существует необходимость в предоставлении пользователям различных сервисов, работающих в рамках одной веб-системы. В контексте предлагаемой системы должны быть доступны сервисы, помогающие организовать работу кафедры высшего учебного заведения. Чтобы определить, какие сервисы будут доступны в веб-системе рассмотрим основные функции, выполняемые кафедрой: разработка внутривузовских документов по организации учебного процесса; организация подготовки и проведение всех видов учебных занятий; организация и руководство работой докторантов, аспирантов, соискателей ученых степеней, научной работой студентов; участие в научно-исследовательской и ре-

дакционно-издательской работе вуза; обсуждение научно-исследовательские работы, учебных пособий, рефератов и написание заключений об их актуальности и практической значимости, рекомендаций к их изданию и использованию в учебном процессе; подготовка и проведение научно-теоретических конференций и семинаров; развитие и совершенствование учебно-материально базы; проведение работы по расширению и укреплению связей с базовыми предприятиями и учреждениями [1]. Большинство из перечисленных ранее функций можно реализовать в контексте предлагаемой веб-системы, представляющей собой совокупность сервисов, которые предназначены для различных целей. Предлагаемая веб-система может использоваться для контроля успеваемости студентов, ведения различного рода документации кафедры, учета индивидуального вклада преподавателей по различным видам деятельности и т.д. Кроме того, система предоставляет возможность различных коммуникаций и обмена информацией между сотрудниками и студентами. Отдельное внимание уделяется возможности организации научных конференций и семинаров.

### Литература

1. Организация работы кафедры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mgupi.ru/today/docs/uchprocess/rabota-kafedry/>. – Дата доступа 22.02.2013.

**А. А. Жвалевский**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **О РАЗРАБОТКЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ОБЛАЧНОГО ХОСТИНГА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ**

В настоящее время неотъемлемой частью расходов любой компании малого, среднего и крупного бизнеса являются вложения в развитие IT-инфраструктуры (разработка корпоративных сайтов, обновление и модернизация ПО, техническое обслуживание компьютеров и т.д.). Необходимые компании веб-приложения размещаются на серверах, что подразумевает либо создание своей инфраструктуры и содержание собственного штата администраторов и программистов, либо использование услуг различных хостинговых компаний.

Сегодня рынок хостинга предлагает различные площадки для размещения своих приложений и аренды вычислительных мощностей. Однако многие из этих решений предполагают статическую конфигу-

рацию сервера, что накладывает жесткие ограничения на конфигурацию системы. В этом случае вычислительные ресурсы расходуются неэффективно и компании зачастую переплачивают за простой серверов. Слабым местом таких решений также является момент пиковой нагрузки, во время которого не гарантируется работоспособность системы. В результате чего временная недоступность или нестабильная работа веб-приложения или корпоративного сайта могут привести к потере важных клиентов, потере финансовых средств, и как результат, утрате позиций компании на рынке.

В последнее время на слуху у всего делового мира так называемый «облачный хостинг». Основная тенденция – это размещение данных и сосредоточение бизнес-логики в облачных хранилищах (cloud storage), что обеспечивает разумное использование средств на аренду серверов, надежную сохранность данных и возможность построения собственной «облачной» инфраструктуры.

Разрабатываемое в рамках данной работы решение имеет своей целью реализовать отказоустойчивый облачный хостинг с возможностью динамической масштабируемости приложений. В основе решения лежит идея динамического выделения ресурсов. Реализация данного механизма позволит отслеживать состояние ресурсов через панель администратора, обеспечит устойчивость к нагрузкам, стабильность работы приложений и снижению рисков потерь данных.

### Литература

1. Velte A.T. Cloud Computing, A Practical Approach / Velte A.T., Velte T.J., Elsenpeter R. – 1-е изд. – McGraw-Hill: [Б.м.], 2009. – № 1. – 355 с.

**Н. А. Жияк, И. Г. Любченко**

*(БГТУ, Минск)*

### **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС KERIO CONTROL**

Kerio Control – программно-аппаратный комплекс для решения всего спектра задач по обеспечению безопасности локальных сетей от внешних и внутренних угроз.

На сегодняшний день жизненно важное значение имеет комплексная безопасность локальных сетей от полного спектра внешних угроз (хакерские и вирусные атаки), фильтрация сетевого трафика на наличие компьютерных вирусов и червей, а так же сигнатурный анализ

пакетов передачи данных.

Наличие в Kerio Control брандмауэра уровня приложений позволяет создавать политики контроля входящего и исходящего трафика, защищает сервера без потребности создания демилитаризованной зоны (ДМЗ) посредством легко настраиваемого NAT (NetworkAddressTranslation – «преобразование сетевых адресов»), позволяет проводить статическое отслеживание пакетов(statefulpacketinspection) по указанным портам, учитывает входящий и исходящий трафик для последующего аудита и отладки системы, а также в целях безопасности, ограничивает скачивания файлов по типу.

Не меньший приоритет имеет мониторинг сети и контроль сетевой активности пользователей, позволяющий создавать отчеты о действиях пользователей или групп в сети. Быстрое обнаружение «узких мест» в сети и случаев злоупотребления Интернетом.

Современный ритм жизни зачастую требует безопасного и быстрого доступа к данным в корпоративных сетях, а следовательно – к компьютерам и устройствам, которые в нее входят с любого места, имеющего выход в интернет. Наличие VPN (VirtualPrivateNetwork – виртуальная частная сеть) сервера позволяет с легкостью устанавливать защищенный канал передачи данных с корпоративной сетью.

Kerio Control позволяет беспрепятственное подключение сервер-сервер и клиент-сервер по VPN туннелям даже для сетей находящихся за NAT шлюзами. Kerio VPN использует стандартные методы шифрования для обеспечения многостороннего использования VPN: SSL для контроля канала (TCP) и технологию Blowfish для передачи данных (UDP). Все это обеспечивает надежную защиту при удаленной работе с корпоративными данными.

Возможность установки как на операционные системы Windows, так и Linux повышает гибкость при работе системного администратора. Использование операционной системы Linux обеспечивает повышенную безопасность и производительность данного комплекса.

**С. О. Жихарев, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОВЕРКИ  
УНИКАЛЬНОСТИ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
РЕСУРСОВ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ**

В работе описываются программные средства проверки уникаль-

ности контента (content – содержание, суть) с использованием ресурсов поисковых систем. Контент – это то, что люди ищут в Интернете: тексты, видео, изображения, аудио и т.д. В большинстве случаев под контентом принято понимать именно текстовую информацию. Уникальный контент необходим каждому Интернет-ресурсу по двум причинам. Во-первых, уникальный контент – это залог высокой посещаемости ресурса. Так, если посетитель зайдет на сайт и увидит информацию, которую он раньше нигде не видел и не находил, он заинтересуется этим сайтом и обязательно вернется, надеясь получить снова уникальный контент. Второй фактор – поисковый, или механический. Здесь уникальный контент необходим для достижения высоких позиций в результатах поисковой выдачи.

Уникальность текста проверяется на основе метода шинглов (shingl –крыть щепой), смысл работы которого заключается в том, чтобы проанализировать разбитые на кусочки цепочки слов проверяемых текстов и сравнить полученные результаты. Чем короче отрезки текста, тем точнее выходит результат.

Текст разбивается на отрезки из пяти-шести слов, которые преобразуются в двоичный код. Во время проверки каждому участку текста присваивается некое уникальное число, и результат вычисляется по заданному алгоритму в виде контрольной суммы. У разных текстов контрольные числа не могут совпадать. Причем в процессе подобного «сканирования» текста конечное слово одного отрезка является первым для нового отрезка, и, следовательно, ни одно слово не теряется.

Общая схема действия проверки текста на уникальность состоит из трех этапов:

1. Канонизация текста – процесс исключения из текста всех слов и символов, не имеющих смысловой нагрузки;
2. Разбиение канонизированного текста на шинглы;
3. Сравнение шинглов одного текста с шинглами другого.

Разработанное в ходе работы приложение можно позиционировать как законченный продукт, позволяющий производить проверку уникальности текстового контента в сети Интернет. Разработка приложения проводилась в среде программирования Microsoft Visual C#



**Д. В. Жуков, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

В настоящее время большинство разработок относится к автоматизации известных методик, что выражается, главным образом, в создании компьютерных версий известных психодиагностических тестов, ранее предназначенных для «ручного» употребления. Основной задачей компьютерной психодиагностики можно считать обеспечение психологов качественными психодиагностическими инструментами, создаваемыми на базе новых информационных технологий.

В тезисах описывается созданное в среде Borland Delphi 7 программное приложение автоматической обработки экспертно-психологических данных, которое упрощает работу психолога. Основное внимание при разработке приложения уделялось трем методам: «Методика исследования самоотношения (С.Р.Пантилеева)», «Копинг-тест Лазаруса» и «Личностный опросник Айзенка».

В тесте «Методика исследования самоотношения» предлагаются 110 утверждений, распределенных по 9 шкалам. Методика предназначена для углублённого изучения сферы самосознания личности, включающая различные (когнитивные, динамические, интегральные) аспекты. В тесте предлагается выполнить задание, в котором содержатся вопросы в форме возможных утверждений об особенностях характера, привычках, интересах и т.д. После прохождения теста испытуемому предоставляется результат в виде расшифровки результата по каждой из 9 шкал, а также показатели по каждой шкале.

«Личностный опросник Айзенка» основывается на двух факторах: экстраверсии (интроверсии) и невротизме. Первый из этих факторов биополярен и представляет характеристику индивидуально-психологического склада человека, крайние полюса которой соответствуют ориентации личности либо на мир внешних объектов (экстраверсия), либо на субъективный внутренний мир (интроверсия). Второй фактор – невротизм – описывает некоторое свойство-состояние, характеризующее человека со стороны эмоциональной устойчивости, тревожности, уровня самоуважения и возможных вегетативных расстройств.

Опросник содержит 57 вопросов, 24 из которых направлены на выявление экстраверсии-интроверсии, 24 других – на оценку эмоциональной стабильности-нестабильности (невротизма), остальные 9 составляют контрольную группу вопросов, предназначенную для оценки искренности испытуемого, его отношения к обследованию и достоверности результатов. Г.Айзенк разработал два варианта данной методики (А и В), отличающихся только текстом опросника. Оба текста представлены в программе и случайным образом выдаются испытуемому. Опросник подразумевает ответы «Да» или «Нет».

«Копинг-тест Лазаруса» предназначен для определения копинг-механизмов, способов преодоления трудностей в различных сферах психической деятельности, копинг-стратегий. Испытуемому предлагаются 50 утверждений касающихся поведения в трудной жизненной ситуации, утверждения разделены на 8 шкал. Испытуемый должен оценить, как часто данные варианты поведения проявляются у него. Оценка результатов осуществляется по набранным баллам в каждой шкале.

Таким образом, за счет автоматизации в психодиагностической практике наблюдается ряд положительных эффектов: быстрое получение результатов, эксперт освобождается от трудоемких рутинных действий, исключаются ошибки обработки исходных данных. Автоматизация методик оказывает положительное действие на повышение качества и снижение стоимости психодиагностического эксперимента.

**В. П. Клыбик**  
(БГУИР, Минск)

## **РЕАЛИЗАЦИЯ PUF ТИПА АРБИТР НА FPGA**

Физически неклонируемые (*слитно*) функции (от англ. Physically Unclonable Functions, PUF) широко применяются для аутентификации и идентификации экземпляров цифровых устройств [1, 2].

Для PUF типа арбитр (A-PUF) [1] наблюдается низкая эффективность при их реализации на кристаллах программируемой логики типа FPGA, связанная в первую очередь с непредсказуемой длиной и заведомой асимметричностью путей. Кроме этого реализации A-PUF на FPGA характеризуются наличием нестабильных откликов при многократной подаче одного запроса.

Перечисленные проблемы вызывают трудности использования выходных значений A-PUF для аутентификации и идентификации эк-

земляров цифровых устройств [2].

Для решения проблем предлагаются следующие подходы:

1) Новые схемные реализации А-PUF для FPGA. Применение реверсивных счетчиков и методов компенсации статической временной составляющей асимметричности путей тестирующего сигнала.

2) Новые варианты генераторов тестовых импульсных последовательностей. Использование конечных последовательностей тестирующих импульсов вместо одиночных.

3) Повышение стабильности А-PUF за счет перехода от оценки прямого значения единичного отклика простого арбитра к оценке статистических характеристик множества последовательных откликов. Использование в качестве метрики идентичности цифровых устройств подмножеств входных значений с устойчиво стабильными выходными значениями арбитра, нестабильными значениями, и их комбинаций.

Для проверки практической эффективности предложенных решений и их комбинаций в промышленном применении необходимо проведение натурных экспериментов для FPGA. В результате возможна разработка схемы идентификации цифровых устройств, реализованных на FPGA, дающей стабильные результаты и достаточную степень защиты.

### Литература

1. An Analysis of Delay Based PUF Implementations on FPGA. Mode of access: <http://rijndael.ece.vt.edu/puf/paper/arc2010.pdf>. Date of access: 11.01.2013.

2. Physical Unclonable Functions for Device Authentication and Secret Key Generation. Mode of access: <http://people.csail.mit.edu/devadas/pubs/puf-dac07.pdf>. Date of access: 01.02.2013.

**О. А. Козлов, Г. Л. Карасёва**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ШАБЛОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ MODELVIEWCONTROLLER (MVC)**

Шаблон проектирования ModelViewController(MVC) – это самый популярный архитектурный паттерн, используемый для разработки веб-приложений. Впервые он был использован ещё в конце 70-х два-

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

дцатого века в приложениях на языке Smalltalk. Реализация паттерна заключается в разделении приложения на три функциональных слоя: модель, представление, контроллер. При этом приложение, соответствующее этим принципам, становится более понятным с точки зрения разработки, поддержки и совершенствования, а отдельные его части довольно легко могут быть использованы повторно.

Модель отвечает за управление данными, она сохраняет и извлекает сущности, используемые приложением, как правило, из базы данных и содержит логику, реализованную в приложении. В данном паттерне модель не зависит от представления или управляющей логики, что делает возможным проектирование модели как независимого компонента и, например, создавать несколько представлений для одной модели.

Представление несет ответственность за отображение данных, которые даёт контроллер. С представлением тесно связано понятие шаблона, который позволяет менять внешний вид показываемой информации. В веб-приложении представление часто реализуется в виде HTML, JSP страниц.

Контроллер связывает модель и представление. Он получает запрос от клиента, анализирует его параметры и обращается к модели для выполнения операций над данными запроса. От модели поступают уже скомпонованные объекты. Затем они перенаправляются в представление, которое передаёт сформированную страницу контроллеру, а он, в свою очередь, отправляет её клиенту.

В разрабатываемом приложении поток выполнения приложения всегда обязан проходить через контроллер приложения. Контроллер направляет запросы – в данном случае HTTP(S)-запросы – к соответствующему обработчику. Обработчики запроса связаны с бизнес-моделью, и в итоге каждый разработчик приложения должен только обеспечить взаимодействие между запросом и бизнес-моделью. В результате реакции системы на запрос вызывается соответствующая JSP-страница, выполняющая в данной схеме роль представления.

**С. В. Кривенков, С. И. Седлер, К. Н. Щура,  
Д. И. Гавриловец, Е. Л. Заботин**  
(БелГУТ, Гомель)

## **МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ**

Программные генераторы псевдослучайных последовательностей

(ПСП) перед использованием в криптологии и моделировании должны быть протестированы по ряду критериев. Существует несколько стандартных наборов тестов: «Diehard» Дж. Марсальи, Д. Кнута, NIST STS 800-22, FIPS 140-2 [2], а также отдельные статистические тесты, среди которых имеются и отечественные [3, 4].

Однако реализация и использование каждой из указанных совокупностей тестов имеет некоторые недостатки, среди которых основные: каждый критерий отыскивает лишь отдельные закономерности в тестируемой числовой последовательности; мощность статистических критериев неизвестна.

Отдельная пока мало изученная проблема – совместное тестирование нескольких генераторов ПСП используемых, например, для имитационного моделирования систем массового обслуживания [1] – разработанных статистических тестов в данной области недостаточно.

В работе предлагается методика тестирования генераторов ПСП, включающая следующие положения.

1. При тестировании генераторов ПСП необходимо использовать как можно большее множество известных статистических критериев, чтобы отслеживать все возможные закономерности.

2. Генератор можно использовать, если ни один из критериев не забракует его для уровня значимости 0,015–0,005. Данное значение обусловлено количеством известных авторам статистических критериев: 60–70. Увеличение уровня значимости до 0,02 приведет к тому, что в среднем каждый 50-ый тест будет браковать «истинно случайную» последовательность. А уменьшение уровня значимости ниже 0,005 приведет к отказу от браковки «весьма подозрительных» ПСП.

3. Тестирование генераторов должно проводиться на ПСП одинаковой длины.

4. За прохождение каждого теста генератору ПСП назначают «балл», характеризующий качество генератора по данному критерию. Для статистических критериев таким баллом может быть значение  $P\text{-value} \in [0, 1]$ , характеризующее вероятность того, что «ПСП неслучайна».

5. Каждому тесту назначают «значимость» – важность для той или иной предметной области. Например, в криптологии наиболее высокие требования к криптостойкости генератора, а в имитационном моделировании – к совпадению моментов и равномерности ПСП.

6. Выбор генератора ПСП для использования в той или иной области определяется суммой баллов, набранных по различным тестам,

нормированных их значимостью для данной предметной области.

Многие статистические тесты критичны к длине ПСП и начинают обнаруживать статистически значимые закономерности, которые не обнаруживались на меньших длинах. Так, например, знаковый ранговый критерий (signed rank test) бракует такие достаточно известные и качественные генераторы, как Блюма-Блюма-Шуба (BBS), Шамира (RSA), «Marsaglia Multicarry» и «Xorshift» Дж. Марсальи, а также вихрь Мерсенна (MT19937) уже на 1,5-2 тысячах элементах ПСП. Предлагаемая система баллов поможет в выборе лучшего из доступных генераторов ПСП, если формально каждый из них будет забракован одним или несколькими статистическими критериями.

7. При совместном использовании нескольких генераторов ПСП необходимо дополнительное тестирование с определением взаимной корреляционной функции и других характеристик, список которых на данный момент не разработан.

Для реализации предлагаемого подхода авторами разрабатывается программный комплекс тестирования генераторов ПСП, который будет включать в себя все известные статистические и эвристические тесты. Комплекс базируется на MS Excel, что обусловлено наличием большого количества встроенных математических и статистических функций, возможностью программирования на VBA, наглядностью реализации и тестирования программ, созданных несколькими авторами.

## Литература

1. Алиев, Т.И. Проблема сочетания генераторов псевдослучайных величин в GPSS-моделях / Т.И. Алиев, Г.К. Асафьев // Пятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2011)». – СПб. – 2011. – т.1 – С. 95–100.
2. Иванов, М.А. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей / М.А. Иванов, И.В. Чугунков. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. – 240 с.
3. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика: для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 813 с.
4. Харин, Ю.С. Проверка гипотез о независимости и равномерном вероятностном распределении элементов случайной последовательности /

**М. В. Крикало, В. Л. Мережа, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ПРОГРАММА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКОГО ТОНЗИЛЛИТА**

На современном этапе некоторую трудность представляет определение необходимости хирургического вмешательства при хроническом тонзиллите. С этой целью сотрудниками кардиологической больницы города Гомеля предложено проведение анализа основных и сопутствующих признаков больных хроническим тонзиллитом с последующим созданием соответствующего программного приложения экспресс-диагностики пациента, помогающего врачу в решении вопроса о необходимости хирургического вмешательства при данном заболевании.

Для статистического исследования была предоставлена база данных о пациентах Гомельской кардиологической больницы. База представляет собой матрицу, состоящую из 239×65 строк и столбцов, ответов на тесты обследуемых больных, с поставленным по результатам теста диагнозом. Требовалось вычленить ряд неинформативных признаков для оптимизации теста, а так же выделить отдельную группу информативных признаков, наиболее влияющих на постановку диагноза.

На начальном шаге имеющиеся статистические данные анализировались с помощью кластерного анализа и в результате было выявлено 3 основных сопутствующих заболевания и для каждого из них составлено 3 группы информативных признаков. Каждому признаку был присвоен свой математический вес в зависимости от процентного соотношения людей с наблюдавшимися симптомами.

Для практического использования полученных результатов на языке программирования Action Script было написано программное приложение в виде теста. В программе пациенту предлагается ответить на три группы контрольных вопросов, каждая из которых соответствует одному сопутствующему заболеванию. Контрольные вопросы сформированы, опираясь на информативные признаки, полученные в результате статистического исследования, упомянутого выше. Путем голосования в программе обрабатываются все ответы и выдаются ре-

комендации врачу о необходимости хирургического вмешательства.

**М. В. Крикало, В. Л. Мережа, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ЭТАПЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ В ПРОГРАММЕ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКОГО ТОНЗИЛЛИТА**

В настоящей работе описано программное приложение, предназначенное для экспресс диагностики необходимости хирургического вмешательства для пациентов, больных хроническим тонзиллитом и помогающее врачу в решении данного вопроса. Схематично процесс автоматизации можно представить в виде 4 этапов. На первом этапе из базы исключены все неинформативные признаки, ответы по которым совпадали в 90% и более случаев независимо от диагноза.

На втором этапе создана древообразная иерархическая структура, состоящая из 2-х основных кластеров и 3-х дочерних в каждом. Основные представляли собой две группы людей с двумя разными диагнозами (хронический декомпенсированный тонзиллит, хронический компенсированный тонзиллит), требующими и не требующими хирургического вмешательства. В дочерних кластерах люди распределены по трем основным выявленным сопутствующим заболеваниям (частые ангины, паратонзиллярный абсцесс, сопряженные заболевания).

На третьем этапе проводилась проверка основных гипотез (признаки тонзиллита, осложнения тонзиллита, объективные признаки, лабораторная и функциональная диагностика, сопутствующие заболевания, консервативная терапия, хирургические вмешательства, вредные привычки) и вычленение самых важных факторов из каждой.

Четвертый этап – проверочный. Все полученные результаты по каждому признаку преобразовывались в процентное соотношение и выводились графически, точки экстремума соответствующих дочерних кластеров должны совпадать, так как их родительские являются полностью противоположными. Например, если для одного признака из кластера, требующего проведение операции, график находится в точке максимума, то для соответствующего признака из кластера, не требующего хирургического вмешательства, график находится в точке минимума. Таким образом, из исследования исключаются ошибки человеческого фактора при заполнении анкет пациентами.

Опираясь на результаты проведенного исследования, была напи-



сана на языке программирования Action Script программа, способствующая оптимизации принятия решения о необходимости хирургического вмешательства при хроническом тонзиллите.

**А. С. Кулешов, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОТОБРАЖЕНИЕ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ**

С помощью ЭВМ сейчас решаются многие задачи геометрического характера. В машине синтезируются простые и сложные геометрические образы – поверхности, тела, структуры. Многие физические законы, которым подчиняются те или иные явления, записываются в виде математического уравнения, выражающего определенную зависимость между какими-то величинами. Часто речь идет о соотношении между величинами, изменяющимися с течением времени. Компьютерная графика позволяет визуально отображать решения уравнений любого вида.

В математике значительное место занимают дифференциальные уравнения, т.к. к решению таких уравнений сводится исследование многих физических и технических задач. Дифференциальное уравнение – уравнение, связывающее значение некоторой неизвестной функции в некоторой точке и значение её производных различных порядков в той же точке. Дифференциальное уравнение содержит в своей записи неизвестную функцию, её производные и независимые переменные; однако не любое уравнение, содержащее производные неизвестной функции, является дифференциальным уравнением.

При исследовании решения дифференциального уравнения может возникнуть проблема изучения фракталов. Фрактал – геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком. В математике под фракталами понимают множества точек в евклидовом пространстве, имеющие дробную метрическую размерность (в смысле Минковского или Хаусдорфа), либо метрическую размерность, отличную от топологической. Программа, представленная в работе, обрисовывает множество Мандельброта и множество Жюлиа.

Множество Мандельброта – это множество таких точек на комплексной плоскости, для которых итеративная последовательность

$z_0 = 0$ ,  $z_n = z_{n-1} - 12 + c$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) не уходит на бесконечность. То есть, это множество таких, для которых существует действительное  $R$ , что неравенство  $|z_n| < R$  выполняется при всех натуральных  $n$ .

Разработана программа, которая, используя компьютерную графику, отображает решение дифференциального уравнения в графической среде. При написании работы были изучены соответствующие разделы современной математики, изучена среда разработки и написана программа с применением соответствующих компонентов среды разработки.

**Д. В. Лазарь, В. А. Ломакин**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **О РАЗРАБОТКЕ ВИЗУАЛИЗАТОРА СПЕКТРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЛАЗЕРНОЙ ЭКСПРЕССНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Задача экспрессной экспертизы химического состава любых твердотельных материалов без пробоподготовки, непосредственно в полевых, производственных условиях, в историко-культурных, экологических, криминалистических и др. центрах становится все более актуальной и охватывает постоянно расширяющийся круг проблем.

К настоящему времени накоплен достаточно обширный материал по спектрам, о чем свидетельствуют соответствующие таблицы и атласы спектральных линий химических элементов. Однако непосредственная автоматизация процесса обработки результатов спектрограмм с расширенными возможностями и подключением различных библиотек отсутствует. Это, естественно, замедляет получение итоговых результатов экспертизы и не позволяет осуществлять быстрый, направленный и расширенный поиск в базе накопленных экспертиз.

Перечислим основные возможности, которые должны поддерживаться соответствующим визуализатором спектров при обработке входного файла, полученного при проведении лазерной экспрессной экспертизы: считывание файлов, содержащих зарегистрированные спектры, их группировка и сохранение в истории; поиск пиков с возможностью отсека пиков по высоте и ширине; возможность настройки параметров шумоподавления для более точного определения границ пиков; возможность выбора различных баз данных и поиск

спектральных линий с возможностью настройки поиска; сохранение проделанной работы в виде графического изображения с подписанными линиями.

В предлагаемом докладе приводятся общие подходы к разработке программного обеспечения, которое предназначено для визуализации спектров, зарегистрированных в результате лазерной экспрессной экспертизы. Приводятся соответствующие расширенные требования к созданию специализированного программного обеспечения.

С использованием структурной методологии получены: модель функций программного визуализатора спектров, модель данных для обобщенной библиотеки спектральных линий, общая архитектура приложения. Разработанное программное обеспечение позволяет получать быстрые и точные результаты экспертизы, собирать требуемые результаты в базу данных для их дальнейшей обработки, а также визуализировать и масштабировать полученные спектры. Предлагаемая разработка является актуальной и будет востребована при проведении экспертиз широкого круга объектов, как в различных отраслях народного хозяйства, так и при проведении научных исследований.

**В. А. Ломакин, А. В. Коледа**  
*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **О ПОДХОДАХ К РАЗРАБОТКЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ И ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ БАРКОДОВ**

Любая торговая марка в настоящее время отождествляется с соответствующими баркодами. Используя баркоды, можно получить информацию о продукте, производителе, а также о технологиях производства. Сейчас достаточно широко применяются баркод-сканеры, которые используют фотокамеру в мобильном устройстве для анализа и расшифровки баркода. В Интернете имеются соответствующие сервисы, которые, при необходимости, позволяют получить дополнительную информацию о конкретной запрашиваемой информации.

Используя баркоды можно определить, например, проводились ли испытания приобретаемого косметического препарата на животных. Существующие системы с веб-интерфейсом позволяют проверить эту информацию по номеру баркода, однако это не совсем удобно с точки зрения обычного пользователя. С другой стороны, имея приложение

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

для анализа и проверки баркода на мобильном телефоне, выполнить указанную проверку пользователю гораздо проще.

Предлагаемое приложение было реализовано на платформе Android, как самой распространенной на текущий момент мобильной платформе. Для сканирования баркодов используется Open Source и свободно распространяемая библиотека zxing. Используя камеру телефона, видеоискателем распознается баркод. После того как баркод распознан, приложение обращается к веб-сервису и определяет, содержится ли данный продукт в базе данных. Так, если получен утвердительный ответ, то пользователь предупрежден о тестировании данного препарата на животных.

Для разработки под Android выбран объектно-ориентированный язык Java. Android является открытой платформой и позволяет разработчикам свободно писать достаточно гибкие приложения. Стоит отметить, что Android-приложения распространяются с помощью сервиса Google Play, что позволяет сделать его общедоступным для скачивания и установки на конечные устройства.

Предлагаемое приложение предназначено, прежде всего, для пользователей, которым не безразлична судьба животных. После запуска приложения пользователю доступен видеоискатель, с помощью которого можно распознать баркод. После того, как баркод был распознан, приложение посылает запрос на сервер для поиска информации по данному товару. В итоге пользователь получает уведомление и возможность распознать другой баркод.

**Г. А. Ломакин**

*(БГУ, Минск)*

### **О СОЗДАНИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ВЕБ-СРЕДЫ ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

При современном развитии графических систем и технологий актуальным является подход, связанный с переводом визуализации 3D-объектов на новый уровень, позволяющий упростить разработку 3D-графики.

Концепция, лежащая в основе предлагаемого решения, связана с набором классов и утилит, которые реализуют более общие подходы к визуализации графических объектов и скрывают от пользователя непосредственное использование тех или иных математических моделей и

графических алгоритмов. Все это позволит более широкому кругу заинтересованных лиц создавать требуемые 3D-объекты и сцены, затрачивая минимальное время на разработку необходимого решения.

На сегодняшний момент существует небольшое количество доступных сред для создания интерактивных 3D-визуализаций, к недостаткам которых можно отнести отсутствие хранилища различного 3D-контента в облаке и возможностей, предоставляющих пользователю высокоуровневый подход для работы с 3D-пространством и различными объектами. Поэтому важно сформулировать требования, связанные с разработкой среды. Прежде всего, это: определение конкретных рамок и цели создаваемого графического ядра; обеспечение доступа к контенту; реализация набора программ-утилит для использования контента и графического ядра под различные платформы; реализация фреймворка с высоким уровнем абстракций; обеспечение широкого выбора различных алгоритмов для рендеринга изображения.

Предлагаемая веб-среда для редактирования графических приложений абстрагирует пользователя от промежуточных уровней создания графики и дает возможность напрямую реализовывать графические сцены посредством GUI, в том числе обеспечивает пользователя шаблонным контентом. Для достижения поставленной задачи были выполнены следующие модули: ядро для построения сложных графических сцен, предоставляющее открытое API; графическое ядро на OpenGL для ОС Windows 7 и OpenGL ES 2.0 для ОС Android; набор утилит, использующих ядро для манипулирования графическими процессами с помощью GUI; сервер с контентом для предоставления возможности использования шаблонного наполнения, а также загрузки произвольного контента.

Разработанную веб-среду можно применять для реализации собственных приложений как графической компоненты, например, при создании компьютерных игр. В данном случае пользователю требуется лишь определиться с контентом и задать игровую логику.

**Н. В. Масленченко, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**О ПРИМЕНЕНИИ ПЛАТФОРМЫ J2EE  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ  
КОРПОРАТИВНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ**

Сегодня все больше и больше разработчиков хотят создавать рас-

пределенные транзакционные корпоративные приложения и использовать преимущества в скорости, защищенности и надежности, обеспечиваемые серверными технологиями. В современном, быстро меняющемся и выдвигающем все новые требования мире электронной коммерции и информационных технологий, корпоративные приложения должны проектироваться, создаваться и внедряться за меньшие деньги, с большей скоростью и меньшими затратами ресурсов, чем это было ранее.

Для уменьшения стоимости и увеличения скорости проектирования и разработки корпоративного приложения платформа J2EE предлагает компонентный подход к проектированию, разработке, сборке и внедрению корпоративных приложений. Платформа J2EE предлагает модель многоуровневого распределенного приложения, возможность повторного использования компонентов, интегрированный обмен данными на основе XML, унифицированную модель безопасности и гибкое управление транзакциями. Вы не только можете выпускать на рынок инновационное решение для пользователей быстрее, чем раньше, но и Ваши платформо-независимые, основанные на компонентах J2EE-решения больше не привязаны к продуктам и API какого-либо одного производителя. Производители и пользователи обладают свободой выбора продуктов и компонентов, которые наиболее полно удовлетворяют их деловые и технологические требования.

Платформа J2EE использует модель многоуровневого распределенного приложения. Логически приложение разделено на компоненты в соответствии с их функциональностью. Различные компоненты, составляющие J2EE-приложение, установлены на различных компьютерах в зависимости от их уровня в многоуровневой среде J2EE, которой данный компонент принадлежит.

Хотя J2EE-приложение состоит из трех или четырех уровней, многоуровневые J2EE-приложения обычно принято называть трехуровневыми, т.к. они расположены на трех различных системах: клиентский компьютер, сервер J2EE и сервер базы данных или обычный сервер. Трехуровневые приложения, работающие данным способом, расширяют стандартную архитектуру клиент-сервер, добавляя многопоточный сервер приложений между клиентской частью и сервером базы данных. В настоящее время на основе платформа J2EE ведется

работа по проектированию web-приложения.

**И. Н. Мироненко, Г. Л. Карасёва**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**РЕАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ  
«БРОНИРОВАНИЕ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛОВ  
НА ПРЕДПРИЯТИИ»**

В наше время все больше и больше предприятий двигаются в технологическом направлении и, переходя на новые этапы развития, используют компьютеры, в качестве основных ресурсов. Крупные предприятия предпринимают большие усилия для создания удобств для сотрудников. Они не только оснащают свои офисы комнатами для общения, развлечения, но также используют эти комнаты для принятия важных гостей, партнеров по бизнесу, для конференций. Данный процесс, как правило, полностью автоматизирован, любой сотрудник может посмотреть когда и в какое время свободна та или иная комната, но не всегда есть под рукой компьютер. В данной работе была предпринята попытка создания мобильного приложения для удобного просмотра и бронирования комнат на предприятии с помощью iPhone.

Для осуществление поставленной цели была использована среда XCode с применением объектно-ориентированного языка Objective-C. Главной задачей, при разработке приложения, стояла разработка объектной модели для обмена структурированными сообщениями в формате XML по протоколу SOAP между приложением и сервером. В качестве серверной части использовался Microsoft Exchange Server 2010, который предоставляет совместный доступ к календарю и задачам и имеет поддержку SOAP спецификации. В ходе разработке пришлось тесно познакомиться с тонкостями SOAP, являющимся одним из стандартов, на которых базируются технология веб-служб. Спецификация SOAP не всегда является самой «чистой» моделью интеграции корпоративных приложений, в некоторых случаях, использование SOAP для передачи сообщений увеличивает их объем и снижает скорость обработки. SOAP определяет среду, в которой заголовки сообщения используются для управления поведением программ промежуточного уровня, а тело сообщения содержит данные. Популярность этого протокола заключается в его эффективности и простоте использования для решения проблем распределенных взаимодействий. Поскольку SOAP-сообщение имеет формат XML, оно может легко преобразовываться, что позволяет с легкостью использовать его почти с любым из языков

программирования.

В результате была разработана объектно-ориентированная модель для взаимодействия между приложением и сервером по протоколу SOAP, были учтены все преимущества и недостатки используемой технологии и разработано мобильное приложение для просмотра и бронирования комнат на предприятии с использованием технологии представленной выше.

**Н. В. Михайлов, В. В. Бойко**

*(ВА, Минск)*

**РАЗРАБОТКА СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ  
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
РАЗЛИЧНЫХ КЛИЕНТОВ И ХРАНЕНИЯ  
ДАНЫХ ИХ РАБОТЫ**

Существует актуальная проблема функционирования системы: обеспечение взаимодействия между её различными элементами, обеспечивающими визуализацию, вычисление, хранения данных и т.д. Именно эта проблема решается в данной работе, которая заключается в разработке программной части сервера. Разрабатываемый сервер эксплуатируется как магистраль обеспечивающая взаимодействие между различными ЭВМ, задачей последних будет моделирование и отображение воздушной обстановки, визуализация работы имитационных моделей и т.п. Дополнительно к основной задаче ПО отвечает за документирование различных данных и синхронизацию работы клиентов.

В данном ПО планируется реализовать интерфейс взаимодействия между различными клиентами по стандарту IEEE-1516 (HLA), информация будет распределяться по клиентам (федератам) в зависимости от принадлежности к группе (федерации) и от содержания заявки. С каждым из федератов будет организовано по два потока передачи данных: один для приема сообщений, другой для рассылки данных, что обеспечит требуемое быстродействие сети. Немаловажной функцией сервера будет документирование данных. Для этого планируется реализовать базу данных с помощью SQL, которая и будет выполнять требуемые функции.

На данный момент проект планируется использовать с клиентами, выполняющими функцию имитационных моделей, визуализации обстановки, а также с КСА «СПРУТ». В будущем на базе данной системы возможно реализовать различные тренажеры, причем благодаря



интерфейсу HLA обеспечивается универсальность, которая позволяет использовать в качестве клиентов любые устройства, на которых реализована данная технология, а это очень большой выбор, так как IEEE-1516 принятый в мире стандарт.

**С. В. Нестерук, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Анализируя информацию о деятельности каких-либо объектов по множеству показателей, которые отражают условия производства и результаты за некоторое количество лет, можно найти объективные закономерности, если таблица не является случайным набором чисел, а отражает фактические данные, характеризующие причинно – следственные зависимости. Например, анализируя влияние на розничный товарооборот различных факторов – объективных условий функционирования предприятий, можно выделить следующие характеристики: темпы инфляции, уровень доходов населения, структура расходов населения, стоимость услуг жилищно-коммунального хозяйства, состояние промышленного и сельскохозяйственного производства, своевременность выплаты заработной платы и пенсий.

Такие данные собираются за 10-30 лет по всем объектам, по которым будет проводиться прогнозирование. В практических расчетах приходится учитывать 500-700 различных показателей. Разумеется, подобную таблицу данных невозможно проанализировать вручную из-за ее объема, сложных причинно-следственных зависимостей, наличием пропусков в данных.

Традиционными причинами, приводящими к появлению пропусков, являются: невозможность получения или обработки данных, искажение или сокрытие информации. Объективными причинами этого являются поломки оборудования при измерении тех или иных характеристик, потеря или ограничение доступа к информации и другие. Субъективные причины обусловлены человеческим фактором: при накоплении и обработке информации вследствие влияния психологических аспектов и особенностей памяти или умышленного сокрытия информации. Так в промышленном эксперименте некоторые результаты могут отсутствовать вследствие поломок оборудования, не связан-

ных с экспериментом.

Наличие пропусков в данных, так же как и анализ только полных наблюдений (после исключения наблюдений даже с одним пропуском), может привести к получению смещенных результатов, и как следствие к искажению выводов, которые могут быть сделаны по результатам исследования, и принятию неверных стратегических решений. Именно поэтому задача восстановления пропусков в данных является одним из приоритетных направлений анализа данных.

На базе методов восстановления пропусков разработано приложение, в котором реализован помощник, пошагово демонстрирующий процесс выполнения методов. В процессе реализации приложения восстановления пропусков в статистических данных разработаны: структура приложения, графический интерфейс приложения, помощник, алгоритмы восстановления пропусков, анализ восстановленных значений.

**С. В. Нестерук, Н. Б. Осипенко**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ  
НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ПРОПУСКОВ**

В статье приведено описание разработанного приложения, представляющего собой обучающую программу, которая позволяет пользователю пошагово разобрать методы восстановления пропусков в статистических данных. При разработке приложения используется язык программирования Visual C#, спроектированы структура приложения, графический интерфейс приложения, помощник, разработан алгоритм восстановления пропусков, анализ восстановленных значений.

Приложение представляет собой совокупность методов восстановления пропусков. По каждому из методов восстановления пропусков, пользователю предоставляется возможность изучить его или использовать данный метод при анализе каких-либо статистических данных для восстановления пропусков. В режиме обучения пользователю пошагово демонстрируется работа метода с детальным описанием формул, пояснения к ним, графическим отображением работы метода. Обучение будет проходить на определенных статистических данных, предлагаемых приложением. После прохождения обучения пользователю предоставлена возможность пройти тест для проверки и закреп-

ления изученного материала. В тесте содержатся вопросы, которые пояснялись при изучении данного метода. В режиме анализа данных пользователь может выбрать файл со статистическими данными и проанализировать их на наличие пропусков. Если таковые имеются, приложение попросит настроить метод восстановления пропусков для анализа статистических данных. В настройку метода входят такие параметры, как количество ближайших соседей в строке и количество ближайших соседей в столбце. От данных параметров зависит точность восстановленных значений. После того, как приложение восстановит пропущенные значения и предоставит статистические данные, пользователь может изменить параметры ближайших соседей и проанализировать статистические данные еще раз. После него статистические данные можно будет сохранить.

Разработанное приложение можно использовать как обучающий продукт для изучения методов восстановления пропусков, а так же производить восстановление пропущенных значений в статистических данных и его анализ.

**Д. В. Новиков**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

**РАЗРАБОТКА БИЗНЕС СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ВЕБ-САЙТА,  
ПОЗВОЛЯЮЩЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯМ, ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯМ  
И УЧРЕЖДЕНИЯМ БЫТЬ БОЛЕЕ ОТКРЫТЫМИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ,  
ПОГРУЖАЯСЬ В ВИРТУАЛЬНЫЙ МИР**

Современные веяния, развитие технологий и коммуникаций, наталкивают на вывод, что, имея замечательные инструменты, люди не знают, куда их применить. Людям нравится жить в онлайн мире.

Что касается пользователей, должно быть все просто, так, в принципе и есть, на сегодняшний день. Простота интуитивно понятного интерфейса, надежность работы с данными, качественно оформленное и спроектированное программное обеспечение может дать все это, ни как иначе. Большинство разработчиков редко ставят себя на место обычного пользователя, поэтому продукты теряют свою ценность, а пользователи уходят, пытаются найти что-то лучше.

В рамках данного проекта планируется создать качественную, интуитивно понятную среду для людей, занимающихся бизнесом, которая позволит быстро, качественно и красиво управлять своими данными.

ми под контролем администраторов, что позволит поддержать репутацию перед пользователями. Стоит помнить, что помимо качественной архитектуры, необходим качественный интерфейс.

Данный проект, планируется как модуль более крупного проекта, над которым ведется работа уже около полутора года. Идея, как показывает практика, актуальна.

Структура проекта разработана так, чтобы без проблем можно было расширять систему, создавая новые модули, не изменяя структуру системы. Модульность проекта – гибкость, позволяющая безболезненно реализовывать новые идеи, воплощая их в жизнь, и без особых потерь заменять плохо работающие модули на оптимизированные модули. Ведь, одним из основных признаков сложной системы – модульность.

Проект является коммерческим, поэтому, каждый клиент будет иметь возможность на бесплатное использование проекта с определенными ограничениями.

Раньше программный продукт должен был обладать только функционалом, современный мир помимо функциональности требует и комфортное использование продукта. Простота интерфейса и гибкость архитектуры – залог успешного программного продукта.

**К. А. Осипенко, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КВАДРАТА ПИФАГОРА**

Развивающиеся информационные технологии охватывают многие сферы деятельности человека, в том числе и психологическую диагностику. Для её проведения можно использовать статистические методы и часто удается получить результаты на основании известных статистических программных сред, например, системы Statistika. Целью настоящей работы являлось изучение возможностей проведения регрессионного анализа в системе Statistika для построения прогностических уравнений компьютерной психодиагностики на основе прогностических возможностей квадрата Пифагора: о влиянии характера человека и его склонностей по дате рождения на продолжительность жизни. Для этого требовалось построить признаки объектов и реализовать регрессионный анализ в среде Statistica. В данной работе детализируется процесс построения описания объектов, для которых были построены

регрессионные уравнения, описанные в [1].

Известно, что для проведения статистической обработки должно быть получено описание предметов в некотором признаковом пространстве, оно должно быть единственным. На основании 7 первичных описаний объектов:  $v_1, v_2, v_3$  – день, месяц, год рождения, соответственно,  $v_4, v_5, v_6$  – день, месяц, год смерти, соответственно,  $v_7$  (1-мужской, 0-женский) – пол; было сформировано ещё 35 признаков. Таким образом, была сформирована таблица в системе Statistica из 1376 (объем выборки, или количество объектов) строк и 42 столбца.

Приведем расчетные формулы для построения вторичных признаков в системе Statistica. Продолжительность лет жизни:  $v_7=100+v_6-v_3$ . Количество десятков в дне рождения:  $v_{13}=0*(v_1<10)+1*((v_1\geq 10 \text{ and } v_1<20))+2*(v_1\geq 20 \text{ and } v_1<30)+3*(v_1\geq 30)$ . Количество единиц в дне рождения:  $v_{14}=v_1-10*v_{13}$ . Количество десятков в месяце рождения:  $v_{15}=0*(v_2<10)+1*(v_2\geq 10)$ . Количество единиц в месяце рождения:  $v_{16}=v_2-10*v_{15}$ . Количество тысяч в году рождения:  $v_{17}=1$ . Количество десятков в году рождения:  $v_{18}=9$ . Количество десятков в году рождения:  $v_{19}=0*(v_3<10)+1*(v_3\geq 10 \text{ and } v_3<20)+2*(v_3\geq 20 \text{ and } v_3<30)+3*(v_3\geq 30 \text{ and } v_3<40)+4*(v_3\geq 40 \text{ and } v_3<50)+5*(v_3\geq 50 \text{ and } v_3<60)+6*(v_3\geq 60 \text{ and } v_3<70)+7*(v_3\geq 70 \text{ and } v_3<80)+8*(v_3\geq 80 \text{ and } v_3<90)+9*(v_3\geq 90)$ . Количество единиц в году рождения:  $v_{20}=v_3-10*v_{19}$ . Сумма цифр в дате рождения (число, месяц, год):  $v_{21}=v_{13}+v_{14}+v_{15}+v_{16}+v_{17}+v_{18}+v_{19}+v_{20}$ . Количество десятков в сумме цифр даты рождения:  $v_{22}=0*(v_{21}<10)+1*(v_{21}\geq 10 \text{ and } v_{21}<20)+2*(v_{21}\geq 20 \text{ and } v_{21}<30)+3*(v_{21}\geq 30 \text{ and } v_{21}<40)+4*(v_{21}\geq 40 \text{ and } v_{21}<50)+5*(v_{21}\geq 50 \text{ and } v_{21}<60)+6*(v_{21}\geq 60 \text{ and } v_{21}<70)+7*(v_{21}\geq 70 \text{ and } v_{21}<80)+8*(v_{21}\geq 80 \text{ and } v_{21}<90)+9*(v_{21}\geq 90)$ . Количество единиц в сумме цифр даты рождения  $v_{23}=v_{21}-10*v_{22}$ .

Признаки КР0, ..., КР9 – количество нулей, ..., девяток, соответственно, в квадрате Пифагора считаются на основании выше описанных и ряда вспомогательных по формулам:  $КР0=v_{44}*(v_{44}<3)+4*(v_{44}=3)+6*(v_{44}\geq 4)$ ;  $КР1=1*(v_{35}\leq 4)+2*(v_{35}=5)+3*(v_{35}=6)+4*(v_{35}\geq 7)$ ;  $КР2=v_{36}+1$ ;  $КР3=2*(v_{37}\leq 1)+1*(v_{37}\geq 2 \text{ and } v_{37}\leq 4)+3*(v_{37}\geq 5)$ ;  $КР4=1*(v_{38}=2)+2*(v_{38}\leq 1 \text{ or } v_{38}=3)+3*(v_{38}\geq 4)$ ;  $КР5=1*(v_{39}=0)+2*(v_{39}=1)+3*(v_{39}\geq 2 \text{ and } v_{39}\leq 4)+5*(v_{39}=5)$ ;  $КР6=v_{40}+1$ ;  $КР7=1*(v_{41}=3)+2*(v_{41}=0)+3*(v_{41}\geq 1 \text{ and } v_{41}\leq 2)+5*(v_{41}\geq 4)$ ;  $КР8=(v_{42}+1)*(v_{42}\leq 3)+7*(v_{42}\geq 4)$ ;

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

$$KП9=1*(v43<=1 \text{ or } v43=4)+2*(v43>=2 \text{ and } v43<=3)+5*(v43=5).$$

В регрессионных уравнениях, описанных в [1], основными исходными признаками для исследования были КПО, ..., КП9 и один целевой  $v7$ .

## Литература

1. Осипенко, К.А. Метод регрессионного моделирования продолжительности жизни по дате рождения / К.А.Осипенко, Н.Б.Осипенко // Творчество молодых 2012: сборник научных работ студентов и аспирантов УО «ГГУ им. Ф. Скорины»: в 2 ч. / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; отв. ред. О.М. Демиденко. – Гомель, 2012. – Ч. 1. – С. 194-197.

**И. А. Пинязьков, М. И. Жадан**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ HTML, CSS, CMS**

С развитием технологий гипертекстовой разметки в Интернете стало появляться всё больше сайтов, тематика которых была совершенно различной – от сайтов крупных компаний, повествующих об успехах и провалах компании, до сайтов маленьких фирм, предлагающих посетить их офисы в пределах одного города. Проектирование и разработка сайтов включает:

- Утверждение первоначального технического задания на разработку сайта.
- Определение структурной схемы сайта – расположение разделов, содержания и навигации.
- Web-дизайн – создание графических элементов макета сайта, стилей и элементов навигации.
- Разработка программного кода, модулей, базы данных и других элементов сайта, необходимых в проекте.
- Тестирование и размещение сайта в сети Интернет.

При проектировании Web-сайта были проанализированы современные Web-технологии, позволяющие создавать интерактивные Web-страницы. Наиболее подходящими для выполнения поставленной задачи оказались Adobe Dreamweaver CS3 и Joomla 1.5.24.

В ходе выполнения работы были разработаны структура и дизайн

Web-сайта для исторического факультета ГГУ им. Ф. Скорины. Его разработка базируется на пунктах, перечисленных выше. При обработке графики применяются пакетное программное обеспечение. Данный сайт ориентирован на студентов и абитуриентов. С его помощью пользователи смогут получать необходимую информацию и задавать интересующие их вопросы в форуме. При дальнейшем размещении его в глобальной сети география распространения возрастает до масштабов всего мира.

Разработанный проект сайта удовлетворяет всем требованиям, поставленным на этапе постановки задачи. При разработке Web-сайта были приняты во внимание готовые модули аутентификации и форума, которые использованы при непосредственной разработке. В качестве дальнейшего совершенствования Web-сайта предусмотрена возможность разработки и внедрения различных модулей. Так же возможна доработка интерфейса сайта с целью дальнейшего повышения его информативности, привлекательности и удобства. Проведена верстка шаблона сайта, его интеграция с системой управления содержимым и тестирование в Интернет.

**В. В. Предко, А. А. Рудяк, И. А. Шеститко**  
*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

**О РЕАЛИЗАЦИИ 3D-ПРОСТРАНСТВА  
ФИЗИЧЕСКИХ И СЕТЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
СРЕДСТВАМИ MICROSOFT XNA FRAMEWORK**

В настоящее время в распоряжении разработчика игровых платформ имеется широкий набор средств, технологий и программного обеспечения. Однако полноценное написание 3D-игровых приложений с использованием DirectX и OpenGL является достаточно сложной задачей. В первую очередь, это связано с тем, что требуются дополнительные знания о «работе» игрового цикла, графического конвейера, геометрии с матричными преобразованиями и т. д. Для преодоления этих трудностей, с одной стороны, создано большое количество альтернативных решений, выраженных в виде фреймворков и игровых движков, а, с другой стороны, каждое из предлагаемых решений имеет преимущества и недостатки для разработчиков по конкретным задачам игровых разработок. Отметим, что хорошее решение предлагается компанией Microsoft для разработки игровых приложений под платформы Windows, Windows Phone и Xbox: XNA Framework обладает подробной документацией и

предоставляет широкие возможности по созданию как 2D-, так и 3D-игровых приложений. Фреймворк обеспечивает разработчика реализованным игровым циклом, конвейером загрузки ресурсов, а также обширными средствами по работе с сетью, звуком, трехмерными и двумерными моделями, а также другими библиотеками. В качестве основного языка программирования используется язык C#. Имея в своем распоряжении набор базовых эффектов и поддержку шейдеров, разработчик может проектировать свои собственные решения, используя высокоуровневый шейдерный язык HLSL, что позволяет реализовывать самые современные графические эффекты.

На базе XNA Framework создается система визуализации 3D-пространства и игровых взаимодействий, протекающих в собственной игровой вселенной. Основной концепцией является противостояние игровых персонажей друг против друга в виде открытого сражения в космическом пространстве. Все объекты пространства, а также космические корабли, создаются самими игроками.

В этом случае, XNA Framework выглядит идеальным инструментом для разработки игровых приложений. Он дает возможность изначально сконцентрироваться на создании проекта и не ограничивать его возможности в дальнейшем.

**В. А. Прохоренко**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ ЛАТИНСКОГО АЛФАВИТА**

Искусственные нейронные сети (ИНС) моделируют в некотором приближении работу биологических нейросетей. Важнейшим свойством ИНС является возможность обучения, в процессе которого ИНС способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, получает способности к обобщению и правильной обработке повреждённых либо «зашумленных» данных. В силу перечисленных особенностей, разработка ИНС является перспективным направлением решения задач классификации, прогнозирования, аппроксимации и др.

В процессе работы было разработано приложение, предназначенное для распознавания текста, состоящего из символов латинского алфавита, размещенного на изображении формата bitmap. Приложение



было разработано на языке C++ в среде C++ Builder.

В приложении используется сеть типа однослойный перцептрон для распознавания отдельных символов, единственный слой которой содержит 52 нейрона, что соответствует количеству классов объектов, которые должны классифицироваться сетью. Сеть и нейроны, из которых она состоит, реализованы в виде объектов класса.

Сеть предназначена для обработки определённого формата изображений bitmap, содержащих единственный символ, поэтому перед применением нейросети проводится соответствующая обработка исходного изображения – разделение на символы. Алгоритм разделения основан на вычислении плотностей значимых точек. Значимой считается точка с яркостью большей заданной.

После разделения может быть произведено распознавание символов текущей сетью, либо при наличии текстового эталона обучение новой сети на основании сформированного приложением обучающего множества пар входных и выходных векторов.

Результаты обучения и распознавания могут быть сохранены приложением в файл для последующего использования.

Несмотря на в целом ограниченные способности однослойного перцептрона к классификации, нейросеть, разработанная для приложения, хорошо показала себя при распознавании набора символов, на котором сеть была обучена. Сеть может быть обучена на любом шрифте с достаточно различными символами, либо сразу на нескольких шрифтах с похожими символами. Сеть, обученная на шрифтах Times New Roman, Arial и Courier New, верно распознавала более 90% символов текста, набранного этими шрифтами, в том числе на «зашумленных» образцах с невысоким уровнем шума.

**Д. В. Росолько**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **АСПЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЯЗЫКЕ JAVA**

Парадигма программирования – это система идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ. Это способ концептуализации, определяющий организацию вычислений и структурирование работы, выполняемой компьютером.

Аспектно-ориентированное программирование (АОП) – это методика программирования в рамках классовой парадигмы, основанная на понятии аспекта – блока кода, инкапсулирующего сквозное поведение

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

в составе классов и повторно используемых модулей. Такую функциональность нельзя выделить в отдельные сущности, поэтому ее называют сквозной, так как её реализация распределена по различным модулям программы. Ведение лога и обработка ошибок – типичные примеры сквозной функциональности.

Основные понятия АОП:

- Аспект (англ. aspect) – модуль или класс, реализующий сквозную функциональность.
- Совет (англ. advice) – средство оформления кода, который должен быть вызван из точки соединения.
- Точка соединения (англ. join point) – точка в выполняемой программе, где следует применить совет.
- Срез (англ. pointcut) – набор точек соединения.
- Внедрение (англ. introduction, введение) – изменение структуры класса и/или изменение иерархии наследования для добавления функциональности аспекта в инородный код.

Было спроектировано web-приложение, в котором было выполнено разделение функциональности с помощью аспектно-ориентированной парадигмы программирования. Для этого использовалась имплементация библиотеки AspectJ (родоначальник АОП) – Spring AOP. В проекте была применена аспектно-ориентированная парадигма программирования для выделения такой функциональности как ведение лога, обработка ошибок, рассылка электронных писем, авторизация и проверка прав доступа.

В качестве платформы разработки была выбрана Java. Проект реализован как web-приложение. Клиентская часть выполнена с помощью технологий JSP, AJAX, Tiles2. Библиотека Hibernate для доступа к данным из хранилища. В качестве персистентного хранилища данных использована реляционная база данных MySQL.

**А. А. Рюмцев, В. С. Мурашко**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННОГО КАТАЛОГА**

В современных условиях производства немаловажной проблемой является сокращение времени на поиск информации, на расчёты режи-

мов резания и норм времени на переходы и операции.

При расчёте норм штучного времени определение вспомогательного времени на операцию заключается в нахождении по соответствующим картам и последующем суммировании времени на установку и снятие детали; времени на проход (или обработку поверхности), определяемого для каждого перехода в операции отдельно; времени на изменение режима работы оборудования, смену инструмента и перемещения частей станка, на совмещение осей при растачивании, на выходы сверла для удаления стружки; времени на контрольные измерения обрабатываемой поверхности.

При разработке информационной системы, в том числе ИПК (информационно поискового каталога) технологического назначения, необходимо решить проблемы обеспечения эффективной связи человека с вычислительными средствами, на которых реализован ИПК, адекватного выражения информационных потребностей с помощью языковых средств системы, адаптация каталога к изменяющимся внешним условиям.

Структура ИПК характеризуется набором информации, которая систематизирована в группы и подгруппы. ИПК разработан в виде Web-сайта средствами пакета FrontPage 2003.

Приведенные в ИПК нормативы времени предназначены для технического нормирования станочных работ в среднесерийном и крупносерийном производстве. Нормативы вспомогательного времени для каждого типа оборудования разработаны на комплексы приёмов, составленные по технологическим признакам и видам работ, встречающимся при обработке деталей на станках.

Домашняя страница (dom.htm) содержит ссылки на основные разделы сайта: вспомогательное время на заготовку и снятие детали; вспомогательное время, связанное с переходом; вспомогательное время, связанное с обработкой поверхности; время на контрольные измерения; время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности; подготовительно-заключительное время на партию деталей.

Сайт является «открытой» системой, допускающей модернизацию и развитие.

Сайт будет выложен на учебный портал ГГТУ имени П. О. Сухого

на курсы кафедры «Технология машиностроения».

**Е. В. Сафонова, Ю. А. Ющенко**

*(БГТУ, Минск)*

## **КОНЦЕПЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕПОЗИТОРИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ**

Разработанные за последнее время в Республике Беларусь государственные информационные системы (ГосИС), в большинстве своем направлены на автоматизацию деятельности государственных органов управления и напрямую не предоставляют услуги гражданам страны.

Государственный репозиторий электронных документов (ГРЭД) – это централизованная государственная информационная система, основу которой составляет база данных (БД) электронных документов. Внедрение ГРЭД позволит гражданам Беларуси иметь электронную копию документов государственного образца (диплом об образовании, свидетельство о браке, водительское удостоверение и пр.), которая будет иметь юридический статус аналогичный бумажному оригиналу.

Деятельность ГРЭД должна регулироваться законом Республики Беларусь, который можно назвать «О государственном репозитории электронных документов». Закон определяет распорядителя ГРЭД, которым может выступать государственный орган или государственное предприятие (например, РУП «Национальный центр электронных услуг»), правила, регламентирующие работу распорядителя, перечень типов (или признаков) документов, разрешенных для хранения в ГРЭД, принципы взаимодействия с другими ГосИС, параметры защищенности электронных документов, а также перечень групп пользователей ГРЭД с описанием их прав и ответственности. Кроме того, закон обязывает принимать все государственные и негосударственные учреждения Республики Беларусь электронный документ наравне с бумажным оригиналом.

Пользователями ГРЭД являются государственные органы, юридические и физические лица Республики Беларусь. По отношению к хранящимся в базе данных ГРЭД документам, пользователи в зависимости от контекста могут выступать регистраторами (пользователи имеющие право регистрировать документы), владельцами (пользователи-собственники документа), читателями (пользователи, которым разрешен просмотр документа). Владелец электронного документа может регулировать доступ других пользователей к своему документу. По требованию владельца, ему всегда может быть предоставлена бумажная ко-

пия документа.

Документы, хранящиеся в базе данных ГРЭД, в свою очередь обладают рядом характеристик: срок действия, уровень защищенности, разрешение на доступ других пользователей, разрешение на проверку, возможность быть переданным другому владельцу (например, облигации). Изменить документ может только его регистратор. Разрешение на просмотр, проверку и копирование документа дает его владелец.

База данных является центральной компонентой ГРЭД. Решения принятые на стадии проектирования БД ГРЭД являются определяющими для всей информационной системы в целом.

Наполнение БД ГРЭД планируется осуществлять поэтапно. Каждый этап характеризуется перечнем типов документов, хранение в БД которых будет обеспечиваться, начиная с этого этапа. Окончательная оценка объемов должна учитывать объемы данных необходимые для хранения нескольких поколений резервных копий базы данных, свободные объемы памяти, необходимые для перезаписи данных, а также архитектурные особенности системы управления базой данных (СУБД). По оценкам авторов, требуемый объем для БД ГРЭД на первом этапе не будет превышать 10 ТБ и будет ежегодно прирастать не более чем на 5-6 ТБ.

Интенсивность потока транзакций БД ГРЭД будет складываться из транзакций двух типов: регистрация и чтение документа. Интенсивность регистрации может быть оценена по частоте регистрации для каждого типа документа. Интенсивность транзакций чтения оценить сложно, поэтому используются экспертные оценки для каждого типа документа. После ввода в обращение нового типа документа интенсивность транзакций может должна уточняться на основе статистики. По оценкам авторов среднее количество транзакций обрабатываемых в день на первых двух этапах не будет превышать 10000.

Для обеспечения эффективной и надежной работы БД ГРЭД требуется выполнение периодических работ, требующих монопольного использования администратором всей или части БД. Продолжительность этих работ зависит от объемов хранимых данных, структуры БД и выбранной СУБД. В связи с этим, режим доступности БД предполагается обеспечивать отдельно: для транзакций регистрации в режиме 6×18 (6 дней в неделю, по 18 часов) и 7×24 (круглосуточно, 7 дней в неделю) для транзакций чтения.

Показатель RTO (Recovery time objective, максимальное время вос-

становления базы данных после серьезного сбоя) для БД ГРЭД определяется как 2 часа. Показатель RPO (Recovery point objective, максимальный интервал времени работы, за который могут быть утеряны изменения базы данных после восстановления) не должен превышать 1 минуты.

Важнейшей задачей проектирования БД является обеспечение информационной безопасности БД ГРЭД, которая в основном будет обеспечивается средствами СУБД.

Требования к объему хранимых данных, времени отклика, уровню безопасности, а также предполагаемая интенсивность запросов к БД сужают возможность выбора до трех СУБД: Oracle 11g, Microsoft SQL Server 2008/2012, DB/2 10. С точки зрения авторов наиболее подходящей СУБД для БД ГРЭД является Oracle 11g Enterprise Edition.

В заключении авторы отмечают, ГРЭД реализует подход, при котором используется одно общее хранилище, а государственные ведомства (через регистраторов) создают свои информационные ресурсы в рамках этого хранилища. Такой подход, очевидно, является целесообразным (поддержка работоспособности одной информационной системы, вместо нескольких ведомственных), неминуемо приведет к унификации электронных документов и процедур работы с ними, позволит организовать единую государственную информационную систему. Внедрение ГРЭД, очевидно, будет способствовать сокращению оборота бумажных документов, а в будущем позволит в большинстве случаев отказаться от бумажных копий.

Исследования, проведенные авторами, показывают, что на сегодняшний день, Беларусь обладает достаточной нормативной базой, опытом разработки и внедрения ГосИС, наличием квалифицированных специалистов, а также необходимым уровнем информатизации общества, позволяющим успешно разработать и внедрить ГРЭД.

*А. А. Слука, Н. Б. Осипенко*  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В MATHCAD**

Построение оценки функции плотности распределения вероятности широко используется в некоторых естественных науках, в ряде технических наук, экономических науках, медицине, социологии, промышленности. Как по результатам испытаний элементов выборки

определить средний срок службы продукции, с какой точностью можно оценить эту характеристику? Как изменится точность, если взять выборку большего объема? Такие и подобные вопросы можно решить с помощью аппроксимации распределений.

Статистический анализ этих данных может способствовать лучшему пониманию характера, степени и причин изменчивости. Это может помочь в решении и даже предотвращении проблем, обусловленных такой изменчивостью. Существуют два типа задач аппроксимации распределений. Если вид функции распределения известен, но не известны ее параметры, тогда задача сводится к параметрическому оцениванию. Бывают ситуации, когда конкретный вид функции распределения неизвестен и о виде распределения можно сделать лишь самые общие предположения. При таких условиях аппроксимацию неизвестной функции распределения на основе выборки  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$  называют непараметрической. Более популярными среди интегральных методов аппроксимации оказались параметрические методы оценки распределения путем *проверки на согласие* данного эмпирического распределения с конкретным теоретическим распределением, например, нормальным, экспоненциальным и т.д. В реальной ситуации тип распределения часто бывает известен. Кроме того, просмотрев гистограмму или полигон частот, пользователь для себя уже принимает общепризнанную гипотезу  $H_0$  о типе распределения (или наоборот, отвергает ее из-за сильного засорения выборки, смешения в ней двух или более подвыборок из разных генеральных совокупностей). Математический аппарат в виде критерия согласия используется здесь с целью подтверждения и оформления решения пользователя.

Построение оценки функции плотности распределения вероятности можно реализовать в математическом пакете Mathcad следующим образом: пусть имеется выборка объема  $N$  из нормального закона распределения с неизвестными дисперсией и математическим ожиданием. Требуется проверить, что математическое ожидание исходного закона распределения равно некоторому числу, например,  $M\xi=0,2$ . Задачи проверки гипотез требуют задания уровня значимости критерия проверки гипотезы  $\alpha$ , который описывает вероятность допустимого ошибочного отклонения. Для проверки гипотезы рассчитывается  $\alpha/2$  квантиль распределения Стьюдента  $T$  с параметром  $N-1$ . Здесь  $T$  является пороговым значением для принятия или отклонения гипотезы: если

Материалы XVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 25 – 27 марта 2013 г.

$|t| < T$ , то гипотеза принимается, иначе – отвергается, где  $t = (x_{cp} - M\xi)/(\sigma/\sqrt{N})$ , а оценки значений  $x_{cp}$  и  $\sigma$  определяются по исходной выборке, для которой и проверяется гипотеза. Описанная выше схема проверки гипотезы с помощью распределения Стьюдента в Mathcad введена на рисунке 1.

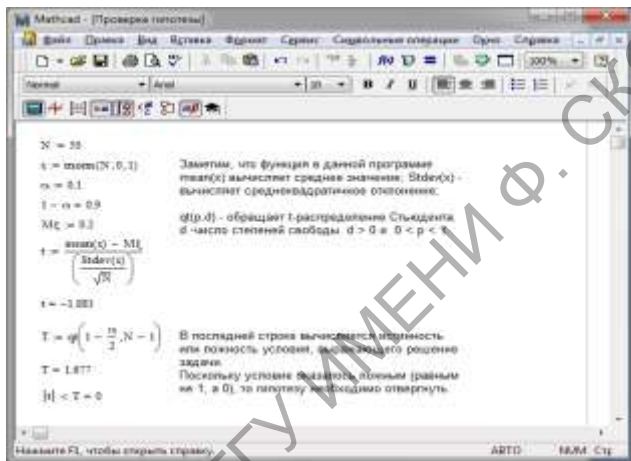


Рисунок 1 – Проверка гипотезы с помощью распределения Стьюдента

**И. Е. Стародубцев**

(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ПРОГРАММА РАСЧЕТА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ДАННЫМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

Для качественной и количественной характеристики формы и структуры природных объектов, включая биологические (клетки и т.д.), часто используется геометрический параметр – размерность объекта: топологическая (целочисленная) и фрактальная (дробная) [1]. Как правило, реальные природные структуры имеют именно фрактальную размерность. Фрактальная размерность характеризует то, каким образом объект заполняет пространство, а также описывает структуру объекта при изменении масштаба. Фрактальный анализ широко использу-



ется для оценки изменения различных структур, в том числе для оценки изменения структуры биологических клеток. Так, фрактальную размерность используют при анализе структур высушенных капель биологических жидкостей (слюны, мочи и т.п.), томографии головного мозга, поверхностей клеток при различных патологиях (диабете, раке, окислительном стрессе) [2]. Для изучения структуры поверхности объектов с высоким (нанометровым) разрешением в биологии и медицине применяется атомно-силовой микроскоп (АСМ). АСМ позволяют оценивать рельеф поверхности, а также и ее локальные физико-механические свойства.

В математике используют различные методы расчета фрактальной размерности (метод подсчета кубов, метод триангуляций, метод спектра мощностей, вариационный метод и другие). В данной работе был выбран метод подсчета кубов (бокс алгоритм, box counting). Для расчета фрактальной размерности трехмерных поверхностей в этом методе используют формулу  $D = \lim_{\delta \rightarrow 0} [\ln N(\delta) / \ln(1/\delta)]$ , где  $N(\delta)$  – минимальное число кубов со стороной  $\delta$ , покрывающих в совокупности искомую поверхность.

На основе бокс алгоритма было создано необходимое программное обеспечение. Для его работы необходимо ввести пространственные размеры области (размеры области АСМ-сканирования) и координаты всех распознанных точек поверхности (АСМ-массивы данных (x, y, z), включающие геометрический и механический образы поверхности).

В программе бокс алгоритм реализован следующим образом: область пространства, включающая исследуемую поверхность, разбивается кубической решеткой (с ребром куба, равным половине наименьшего абсолютного значения координат). Затем подсчитывается количество кубов решетки, в которых есть точки изображения, и ребро куба решетки уменьшается в 2 раза, после чего процесс повторяется с начала до тех пор, пока ребро куба не станет меньше шага АСМ-сканирования. По полученным данным строится массив пар: логарифм количества кубов и логарифм величины, обратной размеру ребра куба. Данные массива представляют собой точки двухмерного графика в логарифмическом масштабе. Так как поверхности клеток, как правило, обладают хорошими масштабно инвариантными (скейлинговыми) свойствами, то полученную зависимость можно аппроксимировать линейной функцией, причем тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой будет являться

фрактальной размерностью исходной поверхности [1].

Реализованное программное обеспечение позволяет расширить стандартные возможности ACM NT – 206 (Беларусь, Гомель) для анализа структуры и механических свойств любых поверхностей, включая поверхности биологических клеток.

### Литература

1. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. – 164 с.

2. Dokukin, M. E. Cell surface as a fractal: normal and cancerous cervical cells demonstrate different fractal behavior of surface adhesion maps at the nanoscale M. E. Dokukin / M. E. Dokukin [et al.] // Phys. Rev. Lett. – 2011. – Vol. 107, 028101.

**А. А. Тарарай**  
(БГТУ, Минск)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ КОНВЕРТАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ЦЕЛОСТНОСТЬ ВСТРОЕННЫХ СТЕГООБЪЕКТОВ**

Для обеспечения безопасности хранения и передачи информации находят применение криптография и стеганография.

Шифрование – преобразование информации в целях сокрытия от неавторизованных лиц, с предоставлением, в это же время, авторизованным пользователям доступа к ней. Ту же цель преследует и стеганография. Отличие – в способе её достижения: стеганография скрывает сам факт существования конфиденциальной информации в сообщении.

Целью работы было выявление особенностей в отношении применимости для осаждения стеганографических данных различных форматов файлов, широко применяемых для хранения и передачи текстовой информации. Были определены возможные потери форматирования и, как следствие, потери скрытых данных при конвертации текстовых документов.

Были проанализированы различные форматы текстовых документов. Среди них DOCX, PDF, HTML, TXT. К параметрам текста, входившим в число критичных к сохранению, относятся: межстрочные интервалы, интервалы между словами, гарнитура шрифта, цвет симво-

лов, размер символов.

Форматы DOCX и HTML и PDF в рассматриваемом плане оказались самыми информативными и сохранили все рассматриваемые элементы форматирования. Отличие формата PDF состоит в том, что шрифт может встраиваться в файл и корректно отображаться без предварительной установки в систему, что расширяет возможности его использования.

### Литература

1. Urbanovich, P.P., Chourikov K.V., Rimorev A.V., Urbanovich N.P. Text steganography application for protection and transfer of the information/ P.P. Urbanovich, K.V.Chourikov, A.V. Rimorev, N.P. Urbanovich // NEET'2010 7-th Intern. Conf. on New electrical technologies and their industrial implementation, 25–26 June 2010. – Zakopane, Poland. – 2010. – P. 95–97.

**Е. С. Тимофеев, А. В. Торчишник, Т. В. Тихоненко**

*(ГТТУ им. П. О. Сухого, Гомель)*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТИ КАФЕДРЫ «ИНФОРМАТИКА»**

К настоящему времени кафедрой «Информатика» накоплено большое количество информации об имеющейся литературе по преподаваемым кафедрой дисциплинам. Но эта информация не пылится в библиотечных картотеках, а хранится в электронном виде без использования баз данных. Это привело к тому, что на поиск необходимого пособия или методического указания приходится потратить немало времени. Поэтому возникла идея создания автоматизированной системы учета книгообеспеченности кафедры «Информатика» с возможностью доступа к ней через сеть Интернет.

Базы данных – это часть информационных систем – программно-аппаратных комплексов, осуществляющих хранение и обработку огромных информационных массивов.

Для разработки системы учета книгообеспеченности кафедры в базе данных необходимо хранить и обрабатывать следующую информацию:

- данные о дисциплине и специальности;
- данные об учебных пособиях;
- информация об авторах.

Схема данных, разработанной базы данных представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема база данных учета книгообеспеченности кафедры

Для удобства использования разработанной базой данных, было принято решение реализовать web-интерфейс, позволяющий работать с базой данных через сеть Интернет. Для реализации web-интерфейса были выбраны следующие инструменты и технологии: HTML, PHP, MySQL, Apache Server.

Применение вышеуказанных технологий позволило получить эффективное и удобное web-приложение для работы с базой данных учета книгообеспеченности кафедры «Информатика».

**Ю. А. Толстогузов, Г. Л. Карасёва**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

## **ПЕРЕЗАГРУЗКА ДАННЫХ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ**

При реализации мобильных приложений с взаимодействием с сервисами разработчики часто сталкиваются с необходимостью дать пользователю возможность перезагрузить отображаемые данные. Например, при разработке клиентов для веб-сервисов вы отображаете данные, которые приходят с сервиса, но пользователь также имеет возможность изменить их непосредственно с веб-оболочки (сайта), не используя ваше приложение. Пользователь должен иметь возможность увидеть новые данные в приложении.

Для десктопных приложений есть стандартные управляющие элементы, такие как кнопки, checkbox, radio-buttons и т.д. Но для мобильных приложений такие элементы только затрудняют пользователю взаимодействие с контентом.

Последнее время на мобильных устройствах идет отдаление от таких рудиментарных элементов. Современные приложения пытаются использовать новые возможности мобильных устройств. К таким возможностям относятся: распознавание жестов, гироскоп, акселерометр, камера и др. На самом деле только одни жесты дают безграничное ко-

личество возможностей.

Таким образом, у нас в приложении для перезагрузки списков было несколько вариантов.

1. Сделать отдельную кнопку для обновления. Не подходило по причине больших затрат места. Сверху уже могли быть функциональные кнопки для взаимодействия со списком(фильтрация). Снизу могла быть навигация(UITabBar).

2. Сделать перезагрузку по событию от акселерометра, например, при потряхивании устройства. Но к сожалению, акселерометр есть не на всех поддерживаемых устройствах.

3. Сделать перезагрузку по определенному жесту. В приложениях на iOS'е скролируемые области могут заходить за границы скролинга и при отпускании возвращаться обратно. Это создает анимацию в чем то схожую со вторым вариантом и этим пользуются во многих приложениях (facebook, wunderlist и т.д.). Делается это так: когда пользователь тянет список вниз и вытягивает специальную область перезагрузки, список начинает перезагружаться. Когда список перезагрузится эта область исчезает. Также можно реализовать обновление одиночных сущностей, поля которых отображаются в виде списка. Таким образом пользователь получает удобное и интуитивно понятное действие для обновления контента.

**А. В. Усиков**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **ПОСТРОЕНИЕ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗОВ, ОПИСАТЕЛЬНЫХ И СРАВНИТЕЛЬНЫХ СВОДОК ДАННЫХ**

Любая организация в процессе своей деятельности стремится максимизировать прибыль. Успешность заключается в предоставлении актуальных и релевантных данных клиенту в зависимости от его предпочтений. Однако только серьезные компании могут предоставить своим клиентам услуги, связанные с поиском, анализом данных и прогнозированием. Видится возможным предоставить аналогичный сервис для компаний среднего и малого бизнеса.

Сервис будет включать в себя обращение к единому централизованному хранилищу данных, и представлять собой самообучающуюся систему прогнозирования и систему аналитической отчетности. В хра-

нилище данных информация реорганизована в соответствии с фиксацией необходимых фактов и ключевых свойств – измерений. Благодаря аналитической отчетности, данные из хранилища представляются в виде, удобном для дальнейшего анализа. Наиболее удобным инструментом для получения аналитической отчетности являются OLAP-кубы. OLAP дает возможность в реальном времени генерировать описательные и сравнительные сводки данных и получать ответы на различные другие аналитические запросы.

С предлагаемым сервисом можно взаимодействовать как с помощью веб-интерфейса, так и с помощью веб-сервиса для манипуляции с данными и конфигурирования системы. Приложения-потребители в конечном итоге могут получать результирующие данные посредством RESTful API. Клиенты загружают в систему снимок своих данных, с помощью которых самообучающаяся система прогнозирования итеративно проводит анализ входных данных. После обучения на имеющихся данных система готова к работе и может использоваться для построения прогнозов.

Таким образом, любая организация может использовать систему для предоставления своим клиентам наиболее интересных данных на основе их же предпочтений.

### Литература

1. Барсегян, А.А. «Методы и модели анализа данных – OLAP и Data Mining» / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод // Учебное пособие. – СПб : БХВ-Петербург, 2004. – 335 с.

**Ю. А. Худышин, А. С. Кобайло**

*(БГТУ, Минск)*

### **АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Целью данного проекта является разработка программного, либо программно-аппаратного комплекса, задачей которого является анализ изображений с применением технологии программных искусственных нейронных сетей.

Для реализации данной задачи необходимо создать программное

обеспечение, состоящие из трех частей:

1. Модуль приема информации. Задачей данного модуля является прием от источника (файл) информации, задание настроек входящей информации и настроек для нейронной сети.

2. Самообучающаяся нейронная сеть. Её задачей является выделение физических и математических характеристик из массива значений одного или нескольких каналов RGB-изображения.

3. Статистическая и математическая обработка полученных данных из нейронной сети; вывод конечной информации пользователю. В зависимости от задачи данный модуль определенным образом «коллекционирует» и обрабатывает данные из нейронной сети и передает ключевые сведения для пользователя.

Задача данного типа может стать полезным инструментом в различных областях медицины (анализ рентгеновских снимков, фотографии сетчатки глаза, кардиографических исследований и т.д.), судебной каллиграфии, анализа видеопотока для распознавания человеческих черт лица, поисковых систем (поиск схожих изображений), для дистанционного зондирования (получение спектрометрических данных с больших расстояний с учетом погрешности, полученной от атмосферы, пассивный спектрометрический анализ, флюороспектрометрический анализ, дефектологический анализ поверхностей и оптических приборов).

Итогом данного проекта является создание базового программного комплекса, удобного для модификации под любую из вышеуказанных задач.

**А. Д. Чарушников, С. В. Матюх**  
(БелГУТ, Гомель)

## **МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕГКОАТЛЕТОВ В СПРИНТЕ**

В настоящее время при проведении соревнований по легкой атлетике измерение спортивных результатов осуществляется с помощью дорогостоящего микропроцессорного оборудования. Такое оборудование устанавливается на крупных стадионах и в легкоатлетических манежах международного и республиканского уровня.

Целью данной работы является разработка сверхдешёвого микропроцессорного оборудования и программного обеспечения, которое может быть установлено на беговой, 2-х беговых дорожках обычных

стадионов в школе, профтехучилище, техникуме, ВУЗе.

Аппаратура представляет фотоэлемент, который устанавливается на старте беговой дорожки и фотоэлемент, соединенный с элементом ИЛИ и К–триггером, устанавливаемый на финише с подключением к микро ЭВМ.

Алгоритм функционирования микропроцессорной системы:

1) При нажатии кнопки START анализируется сигнал Q1, который может принимать 2 значения (0 или 1) с анализом фальстарта.

2) Программа микроконтроллера с помощью команд микропроцессора выполняет задержку продолжительностью 0,01 сек и суммирует количество этих задержек;

3) Анализируется сигнал фотоэлемента финиша Q2 = (0 или 1 ). При пересечении линии финиша Q2=0.

Разработанное программное обеспечение на языке ASSEMBLER микропроцессора КР580 имеет 22 машинные команды.

### Литература

1. Микро-ЭВМ, Под ред. А. Дирксена /Пер. с англ. под ред. В.В. Сташина, – М: Энергоиздат, 1982, 328 с.

**П. С. Чернявский**

*(ВА, Минск)*

### **ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА ЦЕНТРА КОММУТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО ТРАФИКА**

Сегодня актуальной задачей при формировании перспективной сети связи военного назначения является реализация принципа коммутации пакетов. Применение данной технологии позволяет повысить эффективность использования существующих каналов связи путем перераспределения их пропускных способностей. Ключевым элементом пакетной сети является центр коммутации. Стремительное развитие технологий позволило повысить производительность пакетных сетей и предоставить пользователям возможность использования SIP-терминалов, ПЭВМ, базовых станций широкополосного радиодоступа и других интегральных услуг для обмена данными между абонентами.

Использование встроенных возможностей технологии пакетной передачи сообщений в современных центрах коммутации сети связи военного назначения в период учений и боевых действий приводит к



экспоненциальному росту числа пользователей и поддерживаемых приложений. Это способствует возникновению десятков разновидностей типов трафика в рамках одной мультисервисной сети [1]. В таких условиях использование ресурса центра коммутации стремится к предельному значению, снижается его производительность и происходит потеря полезной информации. Для обеспечения устойчивой работы современных мультимедийных приложений в час наибольшей нагрузки в сетях связи общего назначения используют методы обеспечения качества обслуживания (QoS).

Наличие сложной иерархии абонентов сети связи Вооруженных Сил, генерация сообщений различных групп важности требует совершенствования существующих методов QoS при проектировании пакетных сетей связи военного назначения. Одним из способов оптимального распределения ресурса центра коммутации является введение приоритизации данных абонентов. Данный механизм не требует дополнительных вложений на резервирование каналов связи и способствует повышению эффективности управления неоднородным трафиком обслуживаемых абонентов центра коммутации.

### Литература

1. Шелухин, О. И. Моделирование информационных систем / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.
2. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2011. – 944 с.

**А. А. Шелкович**  
(БГУИР, Минск)

### **МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА ПРИЛОЖЕНИЙ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

Создание качественного мобильного приложения – сложный процесс, который подразумевает выполнение большого числа различных работ и решение множества задач. Разработка качественного приложения предполагает не только использование современных инструментов и технологий, управление персоналом, взаимодействие с заказчиком, клиентами, но и следование определенным стандартам и методам. О важности и актуальности этой проблемы свидетельствуют имеющиеся

и разрабатываемые международные стандарты в данной области. В мире действующей серией стандартов, определяющей качество программных средств, является ISO/IEC 25000: «Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)». В Беларуси приняты стандарты ГОСТ 28195-99 «Оценка качества программных средств: Общие положения», СТБ ISO/IEC 25000-2009 «Разработка программного обеспечения: Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE): Руководство по SQuaRE».

Обеспечение качества имеет свои особенности при разработке приложений мобильных устройств. В этой сфере в последнее время наблюдается ряд устойчивых тенденций, что объясняется повсеместным распространением мобильных устройств и ростом их вычислительной и технологической мощностей: рост сложности приложений, сокращение сроков разработки приложений, формализация требований к качеству готовых приложений. Необходимо также отметить, что успешность программного продукта на рынке во многом зависит от его качества, определяемое как его свойство безошибочно выполнять заданную функциональность в течение определенного интервала времени.

В работе предлагается модель оценки качества приложений мобильных устройств, которая учитывает особенности мобильных приложений при их разработке и использовании, и основывается на актуальных стандартах в области оценки качества ИС ISO/IEC 25000: SQuaRE. Для проведения оценки качества используется метод оценки из стандарта ГОСТ 28195-99 применительно к предложенной модели.

Актуальность рассматриваемой в работе проблемы постоянно возрастает, так как постоянно увеличивается количество выпускаемых мобильных приложений, растут ожидания и требования пользователей к ним, что неминуемо приводит к увеличению сложности приложений. В данных условиях обеспечение качества мобильных приложений становится одной из важнейших задач.

**П. В. Шумигай**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

**РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ONLINE-ОТЧЕТНОСТИ  
ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ВУЗА**

Во всем мире информационно-коммуникационные технологии

стали необходимым инструментом социально-экономического прогресса, одним из ключевых факторов инновационного развития экономики. Поэтому в настоящее время существует государственной программа "Электронная Беларусь" для информатизации РБ, второй этап которой проходит с 2011 по 2015гг. Согласно этому плану, основными направлениями информационного общества в Беларуси будут создание электронного правительства, электронной экономики, электронных торговли, здравоохранения и обучения.

Основная проблема, которую пытается решить данное web-приложение – это замена бумажного документооборота электронным, который обладает рядом преимуществ: возможность параллельной работы с документом; единая база документов, позволяющая избежать дублирования; эффективно организованная система поиска документов и возможность идентифицировать ответственного за исполнение документа (задачи) в каждый момент времени жизни документа (процесса) [1].

В ГрГУ им. Я. Купалы существует стратегический план развития системы менеджмента качества, который разбивается на краткосрочные оперативные планы. Основной задачей данного проекта является разработка инструментария для работы с различными показателями в сфере менеджмента. Для осуществления оперативного контроля процесса выполнения поставленных целей, выполнения стратегических и оперативных планов в зависимости от запланированных показателей, в программном продукте предусмотрена визуализация существующей ситуации по различным процессам деятельности университета.

Реализация подобных проектов позволяет улучшить и упростить применение системы менеджмента качества в ГрГУ им. Я. Купалы и обеспечить заинтересованные стороны необходимым инструментом при анализе эффективности работы подразделений в режиме online.

## Литература

1. Система автоматизации документооборота // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Система\\_автоматизации\\_документооборота](http://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизации_документооборота)

**Н. П. Шутько, В. А. Пласковицкий**

*(БГТУ, Минск)*

## **МОДИФИКАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Слово «стеганография» имеет греческие корни и буквально означает «тайнопись». С помощью различных методов можно тайно (с различным уровнем конфиденциальности) передавать сообщение, «осажденное» (спрятанное) в документ (файл, который называется контейнером). Если в качестве контейнера используется электронный текстовый документ (или код программы, или база данных), то указанные методы позволяют достаточно эффективно решать проблему защиты этих документов от несанкционированного использования или модификации, т.е. защищают права автора. При этом осаждаемая информация и ключ к ее извлечению должны быть известны только автору.

Один из новых подходов в указанном направлении состоит в использовании цветовых параметров (RGB) символов электронного текста [1]. Для оценки эффективности таких методов нами было создано программное средство [2], с помощью которого удалось экспериментально установить чувствительность человеческого глаза к изменению цвета символов текста. В докладе анализируются методика этого эксперимента и некоторые важные выводы.

Далее мы предлагаем модифицировать метод путем изменения формы представления встраиваемого сообщения: с 2-ичной на 16-ричную или даже на 32-ичную. К примеру. Если встраиваемой информацией будет «Слово», то его двоичной формой будет последовательность: 1000001000001000011110110000010000111110000001000011001000001000001000011111000000100, а 32-ичной – G84EO4FG4CG4FG4. Соответственно, число символов в документе-контейнере, используемых для скрытия тайной информации, в первом случае составит 79, во втором – только 15.

### **Литература**

1. Urbanovich, N. The use of steganographic techniques for protection

of intellectual property rights/ Urbanovich N., Plaskovitsky V.//Electrical Review. – 2012. – R. 88. – N 11b. – P. 342-343.

2. Свидетельство о регистрации компьютерной программы Sword v.1.0/ В.А. Пласковицкий, Н.П. Шутько//Реестр Национального Центра интеллектуальной собственности РБ. – 2012. – Запись № 383 от 04.01.2012.

**А. В. Щербацкий**

*(БГТУ, Минск)*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕКСТОВОЙ СТЕГАНОГРАФИИ ПРИ МОДИФИКАЦИИ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СИМВОЛОВ**

Как известно [1], стеганография скрывает сам факт существования какого-либо тайного сообщения, которое записывается («осаждается») в открытый текст – контейнер. Таким образом, главной характеристикой надежности защиты информации здесь выступает не алгоритм шифрования и длина ключа, а «незаметность» факта сокрытия информации.

В ходе данной работы было создано программное средство, позволяющее выполнять встраивание тайной информации в документ – контейнер, и извлекать из контейнера эту информацию. На рис. 1 представлено основное диалоговое окно программы. В работе используется тот факт, что человеческий глаз не чувствителен к небольшим изменениям цвета. Используя эту особенность, можно незаметно производить сокрытие информации.

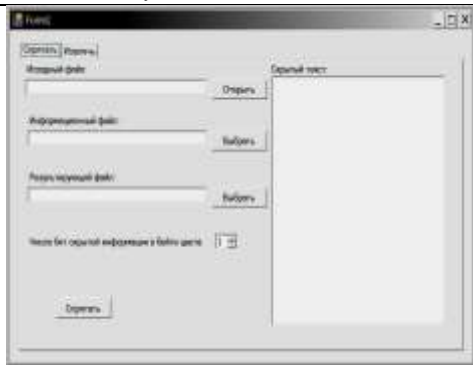


Рисунок 1 – Основное окно программного средства

Мы использовали известный подход, заключающийся в замене последних значащих битов в цветовых параметрах каждого символа текста-контейнера на биты скрываемого сообщения. Цвет символа в редакторе Word представлен в цветовой модели RGB, для каждого символа определены 3 числа от 0 до 255, представляющие собой 3 компоненты цвета –

красный, зеленый, синий. Скрытый текст последовательно записывается в каждую цветовую компоненту символов текста-контейнера. Разработанное программное средство позволяет выбрать число бит, заменяемых в каждой компоненте цветовой модели RGB.

В ходе экспериментов было установлено, что замена до 4 младших бит каждой цветовой компоненты текста практически во всех случаях остается незамеченной. Таким образом, можно установить, что в одном символе текста можно скрыть до 12 бит тайной информации, или 1,17 Кбайт информации на 100 символов текста. Это значение может быть увеличено, если выполнять замену не только цвета текста, но и цвета фона.

### Литература

1. Urbanovich, N. The use of steganographic techniques for protection of intellectual property rights/N.Urbanovich, V. Plaskovitsky. – Electrical Review. – R. 88. – N 11b. – P. 342-343.

**П. А. Якушевич**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ПОДСТРОК

Реляционная база данных – база данных, основанная на реляционной модели данных. Реляционная модель данных (РМД) – логическая

модель данных, которая включает следующие компоненты: Структурный аспект – данные в базе данных представляют собой набор отношений.

- Аспект целостности – отношения отвечают определенным условиям целостности. РМД поддерживает декларативные ограничения целостности уровня домена, уровня отношения и уровня базы данных.

- Аспект обработки – РМД поддерживает операторы манипулирования отношениями.

Постоянно растущий объем информации, накопленной человечеством, предъявляет повышенные требования к поиску среди этой информации. Поиск подстроки в строке – одна из простейших и при этом важнейших задач поиска. Кроме того, зачастую точные критерии поиска неизвестны или не могут быть заданы.

Были рассмотрены и проанализированы различные алгоритмы поиска подстрок, в том числе алгоритм Рабина-Карпа, алгоритм Бойера-Мура, двоичный алгоритм, алгоритм Ахо-Корасик, алгоритм Кнута-Морриса-Пратта. Была спроектирована система для оценки производительности алгоритмов поиска подстрок и проведено нагрузочное и стресс-тестирование.

Проект предлагает пользователю заранее подготовленные данные для тестов, но оставляет возможность ввода собственных данных и выбора алгоритмов, которые будут протестированы.

В качестве платформы разработки была выбрана Java. Проект реализован как web-приложение. Клиентская часть выполнена с помощью технологий JSP и AJAX. В качестве персистентного хранилища данных использована реляционная база данных MySQL.

**И. В. Янович, Н. Б. Осипенко**

*(ГТУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПРОСМОТРА ЭКРАНА УДАЛЁННОГО КОМПЬЮТЕРА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РИСОВАНИЯ И ДВУХСТОРОННЕЙ СВЯЗЬЮ**

В настоящее время существует много программ, которые позволяют видеть экран удалённого компьютера. Как правило, недостатком таких программ является их большой размер, необходимость установки программы на компьютер, а так же сложность интерфейса, в котором зачастую простому пользователю очень сложно разобраться. В

статье описана разработанная программа «Сканер экрана», которая позволяет демонстрировать свой экран удалённому компьютеру и содержит минимум настроек. Приложение позволяет демонстрировать свой экран компьютера, как в локальной сети, так и сети Интернет. Приложение имеет два режима демонстрации: односторонний режим – в этом режиме одна сторона демонстрирует свой экран, вторая его просматривает; двухсторонний режим – в этом режиме каждая из сторон одновременно демонстрирует и просматривает экран друг друга. Во время демонстрации возможно рисование прямо на экране компьютера одним из шести цветов, так же есть возможность стирать уже нарисованное специальным «ластиком». В режиме односторонней демонстрации пользователь сам выбирает размер области, которую собирается демонстрировать. Во время демонстрации возможно изменение размеров демонстрируемой области. В режиме двухсторонней связи происходит демонстрация всего экрана, но каждая из сторон, видит его уменьшенным в 2 раза.

Каждая копия приложения включает в себя одновременно и сервер и клиент. Именно поэтому приложение способно, как демонстрировать, так и просматривать экран удалённого компьютера.

Рассмотрим схематично процесс работы приложения. Формирование изображения происходит в несколько этапов. На стороне сервера делается снимок с экрана компьютера. Затем происходит наложение на сделанный снимок нарисованного пользователем рисунка. В последнюю очередь на полученное изображение накладывается курсор в виде руки. После чего происходит отправка изображения на сторону клиента. На стороне клиента происходит приём изображения. Как только изображение будет принято, оно сразу же выводится в окне приложения. После чего этот цикл повторяется снова.

При написании программы использовались только стандартные компоненты среды быстрой разработки приложений Embarcadero RAD Studio.

Разработанное приложение можно считать законченным продуктом, готовым к использованию в учебных, развлекательных и других целях.





## СОВРЕМЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Информационные технологии  
в обучении*

---

**С. В. Балычев, Н. Б. Осипенко**  
*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА  
ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ  
УЧАЩИХСЯ В ШКОЛЕ**

Развивающиеся информационные технологии находят свое применение сегодня и в школе при тестировании учеников. В тезисах описывается пример подобной реализации в рамках дисциплины «Информатика», которую в дальнейшем планируется развить и для других школьных предметов.

Данная система базируется на системе Moodle, позволяющей создавать базу данных с вопросами, ограничивать тестирование учеников по времени, перемешивать порядок вопросов и ответов, что позволяет усложнить запоминание порядка вопросов\ответов и устранить списывание. Разработанные тесты ориентированы на классы, изучающие информатику, т.е. 6-11 классы. В дальнейшем по желанию учителей школы данную систему можно распространить на другие дисциплины, для этого учителю понадобится составить вопросы с вариантами ответов. Так же допустимы вопросы, в которых будет только один вариант ответа, или где ученики должны будут ввести ответ с клавиатуры. Оцениваются вопросы по системе, которую разрабатывает администратор сайта. В системе предусмотрены права администратора, пользователя и читателя; последняя возможность введена для родителей, интересующихся тем, как учатся их дети. Данная система позволяет эффективно проверять учеников на знание того или иного материала за счет автоматизации процесса. Система сама выставляет ученику оценку, которую он заслуживает.

Практическое тестирование система проходит в ГУО СШ № 9 г. Гомеля. Упрощенный первый вариант тестирования разработанной системы проходил по следующей схеме. Каждому ученику выдавалось по две возможности пройти тестирование, итоговой оценкой являлась максимальная из двух попыток выполнения теста. После того как дети привыкнут к системе процесс тестирования будет для них более жестким: останется только одна возможность пройти тестирование. Данное ужесточение повысит мыслительный процесс учеников, т.е. они будут более тщательно «переваривать» материал, прежде чем сделать правильный выбор.

**А. А. Белоглазов, Л. И. Короткевич**  
*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ВУЗЕ**

Проведение централизованного тестирования – процесс, который проводится ежегодно по большинству школьных дисциплин, и поэтому требует автоматизации в плане как информационной части для абитуриентов, так и организационной части для университета.

Выполненная разработка представляет собой сайт, на котором абитуриентам предоставляется возможность найти время, корпус и аудиторию, в которой они проходят тестирование по тому или иному предмету, включая схему расположения корпуса на карте. Результаты тестирования, полученные из Республиканского института контроля знаний, могут быть импортированы в базу данных разработанного приложения для последующего отображения абитуриентам в личном кабинете.

Основная часть сайта предназначена для автоматизации распределения преподавателей по аудиториям для проведения тестирования. Администратор сайта может указать, в какие дни по какому предмету проводится тестирование, ввести сведения об используемых аудиториях, составить список преподавателей, которые будут участвовать в проведении централизованного тестирования. Кроме стандартных данных, таких как фамилия, имя и отчество, должность, подразделение, система предлагает ввести корпус (по возможности при автоматическом распределении преподаватели распределяются именно в те корпуса, где работают), специализацию преподавателя (например, математик не может быть организатором тестирования по физико-

математическим предметам), а также указать, может ли он являться руководителем централизованного тестирования, какое максимальное количество участия в тестировании может быть у преподавателя. Дополнительно, при помощи личного кабинета, каждый преподаватель может предварительно указать дни, в которые он не сможет явиться на централизованное тестирование, а также просмотреть предметы, по которым он является организатором либо руководителем.

Распределение преподавателей по аудиториям выполняется автоматически и носит случайный характер с учетом заданных ограничений и, по возможности, равномерного распределения по количеству участия. Автоматизация распределения преподавателей по аудиториям исключает возможность ошибок ручного распределения, таких как, например, в одно и то же время преподаватель не может находиться на нескольких тестированиях одновременно или же в некоторой аудитории не будет хватать преподавателей. Результаты распределения при необходимости могут быть скорректированы в дальнейшем в ручном режиме.

Эти данные впоследствии будут использоваться при прикреплении преподавателей к аудиториям

Наличие автоматизированного решения в интернете придает дополнительный престиж ВУЗу, в котором оно применяется.

Дополнительно реализованы средства для импорта данных в базу информации об записавшихся на тестирование абитуриентах, предметах, аудиториях, корпусах, и остальных данных, которые формируются до начала централизованного тестирования. После обработки данных централизованного тестирования, и сохранения их в csv формате, также имеются средства для импорта данных в базу на сайт.

В личном кабинете абитуриент может просмотреть подробную информацию по всем предметам, на он записался на тестирование.

Процесс автоматизации проведения централизованного тестирования должен способствовать снижению психологической нагрузки как на абитуриента. Абитуриенту гораздо проще воспринимать результаты тестирования, если в момент получения неудовлетворительных результатов эти результаты видит только он, а не ещё все остальные абитуриенты, которые находятся поблизости от доски, где вывешены результаты.

Автоматизация централизованного тестирования позволяет перебрать множество вариантов распределения преподавателей по аудиториям, пока не будет достигнут наиболее оптимальный, затратив минимальное количество временных и умственных затрат со стороны его организаторов.

Автоматизированное распределение преподавателей по аудиториям не нужно перезапускать до тех пор пока не будет получена наиболее удачная выборка преподавателей по аудиториям. Полученные при помощи автоматизации результаты можно откорректировать вручную, просто удалив из некоторых предметов некоторых преподавателей, и добавив их в другие.

При помощи системы управления распределением преподавателей по аудиториям легко отслеживать в какие аудитории недостаточно преподавателей.

Весь интерфейс как администратора для управления тестированием, преподавателя – для просмотра предметов, на которые он записан, так и абитуриента – для просмотра предметов и результатов тестирования, разработаны при помощи современных технологий, которые позволяют сделать его интерактивным и «отзывчивым» для конечного пользователя, в следствие чего использование системы не требует специальных навыков.

Система автоматизации управления распределением помогает составить наиболее оптимальное распределение не только с точки зрения администратора, но и с точки зрения преподавателей, так как при распределении учитываются множество нюансов, которые играют в сторону преподавателей, таких как, например, в среднем все преподаватели сходят на проведение тестирования примерно одинаковое количество раз, большинство преподавателей будет распределено именно в тот корпус, где они работают.

Система для просмотра в режиме он-лайн данных о местах проведения тех или иных предметов, а также просмотра результатов централизованного тестирования позволяет абитуриентам более рационально использовать свое время.

Результаты распределения преподавателей, полученные при помощи как автоматизированного, так и ручного взаимодействия с системой можно вывести на печать в удобном для просмотра виде, что позволяет сократить временные затраты по занесению результатов распределения в сторонние документы для их последующей печати, а также сокращает число ошибок, которые могут быть случайно внесены в распределение при ручном перепечатывании сгенерированных результатов.

**И. В. Бобрик, А. А. Крейдик**  
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)  
**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ИНФОРМАТИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ**  
**ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Стремительный процесс информатизации учебных заведений страны открывает в образовании путь электронным учебникам. Под *электронным учебником (ЭУ)* мы будем понимать педагогическое программное средства, предназначенное для предъявления новой информации, заменяющее печатные издания, служащее для индивидуального обучения и позволяющее тестировать полученные знания и умения обучаемого. Такой ЭУ идеально подходит для самостоятельных занятий, для подготовки к сдаче тестирования и экзаменов. Наличие подходящего ЭУ для студентов заочной формы обучения на наш взгляд необходимо по ряду причин. Поэтому нами был создан ЭУ дисциплины «Информатика» для студентов заочной формы обучения, в котором вся информация определенным образом систематизирована, а сам учебник можно всегда иметь при себе, например на флэш-накопителе.

Разработанный программный продукт содержит в себе все, что требуется студенту-заочнику вдали от университета и преподавателей для успешного освоения дисциплины «Информатика» и сдачи экзаменов, тестирования и курсовой работы по дисциплине. Сложность разработки ЭУ заключается в выборе эффективного способа представления информации. Структура ЭУ полностью соответствует учебной программе, согласно которой весь материал разбит на четыре семестра (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура электронного учебника

Каждый семестр содержит несколько модулей, общими из которых для каждого семестра являются «Теория», «Практика» и «Тести-

рование». В последнем семестре присутствует модуль, связанный с курсовой работой.

Программный продукт разработан в среде AutoPlay Media Studio 7.5 с использованием языка гипертекстовой разметки HTML и графического редактора Adobe Photoshop CS5.

**Е. А. Борисевич**

*(БНТУ, Минск)*

### **О ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

В настоящее время невозможно представить образование без применения в учебном процессе достижений в области информационных технологий. Компьютерные технологии позволяют наиболее полно удовлетворять информационные потребности студентов и специалистов. С расширением информационного пространства и переходом образования от традиционного обучения к лично-ориентированному требуются новые педагогические и технические решения в области автоматизации процесса обучения.

Рассматривая дистанционное образование (ДО), можно вносить предложения по изменению системы обучения, в первую очередь, для повышения качества образования выпускников, а, во вторую, – статуса данной формы образования.

Осуществляя автоматизацию, необходимо определиться с выбором программного обеспечения ДО. Программное обеспечение может представлять собой как простой сайт, состоящий из набора статических HTML-страниц, так и сложные системы управления обучением. В любом случае оно должно удовлетворять следующим требованиям: функциональности – наличие функций различного уровня (форумы, чаты, тесты, анализ активности обучаемых и т.п.); надежности; экономичности; удобства в использовании; возможности поддержки работоспособности и быстрого устранения ошибок.

Автоматизация ДО предполагает не просто чтение учебного материала, а также подразумевает возможность задать дополнительные и уточняющие вопросы преподавателю, а также применить полученные знания на практике, например, в виде теста или выполнения более сложных заданий. Результаты выполнения теста или задания должны быть проверены либо автоматически, либо непосредственно преподавателем.

Обучение с использованием компьютерных технологий обеспечит хорошую мотивацию для многих студентов. Предлагаемая Интернет-система ДО, которая внедряется в рамках филиала кафедры «Информационные системы и технологии» МИДО БНТУ г. Гродно, будет способствовать: во-первых, непрерывному самообразованию и саморазвитию; во-вторых, активному сотрудничеству преподавателей и студентов; а, в-третьих, поддерживать индивидуальный принцип обучения, при котором каждый студент имеет возможность продвигаться вперед в освоении материала по собственному графику.

**Р. И. Денищик**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УЧЕБНОГО КУРСА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ»**

В рамках учебного процесса при подготовке специалистов в области программирования, преподаватель сталкивается с необходимостью проверять правильность выполнения большого количества учебных программ, написанных на разных языках программирования. При этом особенно важно иметь возможность протестировать представленное решение на различных наборах исходных данных. Учитывая количество выполняемых студентами заданий и количество самих студентов, преподаватель не в состоянии в ручном режиме проверить и оценить каждое представленное решение на полноту и работоспособность, а тем более указать студенту на все возможные ошибки в реализации алгоритма. Одним из вариантов решения этой проблемы может быть внедрение в учебный процесс специального программного приложения для автоматизированного тестирования учебных задач по программированию с использованием заранее подготовленных наборов тестовых данных.

Описанная выше проблема не нова, но до сих пор остается актуальной. Существует достаточно большое количество систем автоматизированного тестирования, однако в большинстве своем они ориентированы на использование в инфраструктуре Интернет, что зачастую затрудняет возможность их использования в связи с необходимостью иметь постоянный и достаточно качественный доступ к сети Интернет. В связи с этим было принято решение разработать локальное приложение для тестирования задач по программированию, которое можно ис-

пользовать для поддержки организации учебного процесса по курсу «Программирование» для студентов IT-специальностей.

Приложение разработано на языке C#, позволяет тестировать программы, реализованные в виде консольных приложений. Имеется возможность добавлять наборы тестовых данных и эталонных решений для проверки корректности работы программы, а также формировать отчет о результатах тестирования каждой задачи. В настоящее время реализована возможность тестирования задач, выполненных на языках программирования C# и Visual Basic, однако архитектура приложения такова, что поддержка компиляторов других языков программирования может быть добавлена в функционал приложения в кратчайшие сроки.

Разработанное приложение было протестировано при проведении контрольных и аттестационных работ по курсу «Программирование». Эффект сокращения временных затрат на проверку заданий очевиден.

**Н. А. Жилик, А. В. Барткевич**

*(БГТУ, Минск)*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Дополненная реальность (англ. augmented reality, AR) – это технология, позволяющая дополнять изображение реальных объектов различными объектами компьютерной графики. Термином augmented reality обозначают соединение каких-либо виртуальных данных, созданных компьютером, и реальности. Данная технология, в сущности, позволяет совмещать изображения, полученные от разных источников: видеокамер, тепловизоров, спектрометров и т.д.

Как правило, дополненная реальность заключается в визуальном дополнении реального мира. Она включает в себя добавление виртуальных объектов к видеоизображению в режиме реального времени, наложение вспомогательной информации на изображение объектов и окружающего пространства, и многое другое из того, что укладывается в концепцию дополнения реальности.

Дополненной реальностью принято считать программные приложения, которые направлены на дополнение реальности заданными виртуальными элементами. Уже сейчас существует целый ряд способов применения данной технологии на практике. Один из них – наложение слоев с дополнительной информацией на изображение с камеры мо-



бильного телефона, расширяя его функциональность. Например, достаточно лишь навести камеру мобильного телефона на здание или памятник, чтобы получить различные подсказки о них.

Кроме того, дополненная реальность может быть использована как эффективное и инновационное средство для повышения качества образования. Успех применения дополненной реальности в образовании был доказан на практике многими исследователями. В медицине данные технологии востребованы для создания реалистичных тренажеров. Уже сейчас в некоторых университетах для обучения студентов-медиков применяется подход, при котором операция проводится в виртуальной среде без риска здоровью реального человека. Это позволяет врачам практиковаться в проведении различного рода хирургических операций на тренажере и только затем начинать работать с пациентами. Интерактивность и реалистичность тренажеров будут гарантировать правильность действий врача при проведении реальной операции.

При этом сферы применения дополненной реальности в образовании намного шире. Дальнейшее развитие данной технологии позволит воссоздать дополненную реальность в необорудованной аудитории. Это открывает неограниченные возможности применения дополнительных материалов в различных формах. Проведение лабораторных работ при отсутствии реальных установок, изучение исчезнувших животных, проведение химических опытов – вот лишь малая часть проблем, которая может быть решена с применением данной технологии.

Однако существует ряд трудностей, которые препятствуют немедленной и эффективной интеграции технологии дополненной реальности в процесс обучения. При разработке мобильных систем – наиболее предпочтительных в образовательном процессе – также возникают специфические проблемы. Здесь имеются две тенденции: стремление сделать устройство как можно компактнее и обеспечить достаточную вычислительную мощность для работы системы в реальном времени. Причем эти тенденции являются противоборствующими – если мы хотим получить высокопроизводительную систему, нам придется смириться с увеличением ее размеров и наоборот. Поэтому для мобильных систем используются менее ресурсоемкие алгоритмы, даже если это ведет к снижению точности. Возможным решением в такой ситуации является использование вычислительных сервисов, что позволит использовать мобильные устройства только для получения и воспроизведения данных.

В целом, обучение с использованием дополненной реальности, являясь следствием нового витка развития новейших мобильных и информационных технологий, способствует модернизации системы образования. Это обуславливает необходимость в составлении и применении системной методики мобильного обучения, посредством которых реализуется принцип индивидуализации образовательного процесса в аудиторной/классной работе. Таким образом, можно сделать вывод, что технология дополненной реальности предлагает новый подход к обучению и познанию, связывая объекты реального мира с цифровыми данными.

**Н. А. Жилияк, А. А. Сакольчик, И. А. Лесняк**  
(БГТУ, Минск)

### **КЕЙС КАК КОМПЛЕКС ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Дистанционные формы обучения предоставляют широкие возможности для разработки обучающих программ, ориентированных на активизацию познавательной деятельности обучающихся и формирование профессиональной компетентности будущих специалистов.

Задачи преподавателя в дистанционном обучении состоят в том, чтобы направить самостоятельный поиск студента в правильном направлении, уберечь его от заблуждений в «море» информации, стимулировать его в движении вперёд. Но главным остается самостоятельная работа студента, которая готовит будущего специалиста к непрерывному образованию и самообразованию, вырабатывает самостоятельность, умение ориентироваться в потоке научной информации, формирует умение и культуру умственного труда.

Стало реальным осуществление на практике принципа индивидуализации обучения на базе создания компьютерных кейс-технологий. В настоящее время реализуются две технологии дистанционного обучения – кейсовая и сетевая.

Кейс – это портфель с полным комплектом учебно-методических материалов по конкретной дисциплине или по каждой дисциплине согласно учебного плана. Качество образования обеспечивается применением специальных образовательных комплектов, учебно-методических материалов (кейсов), проведения консультаций, плани-

рования учебного процесса и определяется в первую очередь качеством кейса, качеством и регулярностью консультаций с преподавателями. Кейс-технология может использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с другими технологиями.

Факторами и отличительными особенностями кейс-технологий является то, что основу образовательного процесса при дистанционном обучении, составляет целенаправленная и контролируемая интенсивная самостоятельная работа обучаемого, который может учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, имея при себе комплект специальных средств обучения и согласованную возможность контакта с преподавателем по телефону, электронной и обычной почте, а также очно.

Интернет – технологии (сетевые технологии) используют для доставки учебно-методических материалов и взаимодействия учащихся с преподавателем через глобальную сеть Интернет. В первой неделе обучения всем студентам, обучающимся по дистанционному обучению, будут выданы кейсы электронных учебно-методических комплексов дисциплин. Электронный учебно-методический комплекс содержит рабочие программы курсов, календарно-тематический план, конспекты лекций, лабораторные, практические работы, задания на самостоятельное выполнение, вопросы для самоконтроля, рубежный контроль и т.д.

Таким образом, дистанционное обучение является наиболее эффективной современной формой получения образования, наряду с очной и заочной, при которой в образовательном процессе используются лучшие традиционные и инновационные методы, средства и формы обучения, основанные на компьютерных и телекоммуникационных технологиях.

**Я. А. Жук**

*(БГТУ, Минск)*

## **СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕТЬ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

Увеличение объемов знания требует новых, более эффективных средств их передачи. Одной из наиболее эффективной форм передачи знаний является диалог с преподавателем. Широкое распространение

компьютерной техники предоставляет перспективы более эффективно использования человеческих ресурсов. Одним из направлений развития является многократное использование знаний преподавателя в диалогах обучающихся с компьютером. Для этого разрабатываются специальные тематические программные комплексы – компьютерные обучающие системы (КОС).

Работа КОС заключается в предоставлении материала и реагировании на действия обучающихся в процессе его изучения. Проблемы в изучении материала, требующие активного вмешательства КОС в процесс обучения, вызваны пропуском или забыванием некоторой информации. Такие проблемы могут быть устранены получением ответа на вопрос по возникшей проблеме. Вопрос должен задаваться в естественной форме, т.е. голосом. Для обработки вопроса и формирования ответа в естественной форме в КОС создается специальная программа – семантический анализатор (СА).

Работа СА состоит из распознавания содержания и структуры вопроса, поиска связанных с заданным вопросом по смыслу записей в семантической сети и формировании на основе этих записей ответа в естественной форме. Семантическая сеть (СС) – хранилище знаний о понятиях и их смысловых взаимосвязях. В СС освещается более широкий круг понятий, чем в преподаваемом материале. Это позволяет обращаться к пройденным ранее материалам.

Реализовать СС можно в виде списка триад вида «объект-отношение-субъект». Понятия, выступающие субъектами одних отношений, могут быть объектами в других. Кроме того, отношения обратимы, т.е. при изменении структуры предложения субъект станет объектом и наоборот. Каждому отношению можно поставить в соответствие определенную структуру вопроса и ответа с обозначением мест для подстановки окончаний, объекта и субъекта. В связи с обратимостью отношений также требуются структуры для обратного вопроса и обратного ответа. Найденные в ответ на вопрос записи объединяются в одно предложение.

Полученный после подстановок ответ записан на естественном языке и может быть озвучен. В качестве ответа предполагается возможность применения графических изображений и видеороликов.

**А. В. Заяц, В. С. Давыдов**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Минимальный комплект программного обеспечения компьютера в техническом вузе включает: операционную систему, антивирус, пакет офисных программ, файловый менеджер, а также программы, которые требуются для обеспечения учебного процесса: программы проектирования электронных схем (Proteus, Electronics Workbench и Multisim), системы компьютерной алгебры (MathCad), среда разработки программного обеспечения (Microsoft Visual Studio, Delphi) и т.д. Практически все они являются проприетарным ПО т.е. являются частной собственностью авторов или правообладателей.

Стоимость такого программного пакета в сумме составляет порядка 6-9 тыс. \$ [1]. При установке ПО не на один компьютер придется умножить указанную сумму на количество всех компьютеров учебного заведения или организации.

Зачастую, в целях экономии средств, вместо покупки программ, их устанавливают из нелегальных источников либо используют специальные программы для их взлома (crack) и подбора нелегального кода (keygen). Однако, следует отметить, что компьютерная программа является одним из общеизвестных объектов интеллектуальной собственности, охраняемых законом. Для нарушителей законодательных норм в сфере интеллектуальной собственности предусмотрена административная (штраф от 20 до 300 базовых величин) и уголовная ответственность (арест на срок до шести месяцев, ограничение или лишение свободы на срок до пяти лет) [2].

Решением проблемы может стать ПО, распространяемое по принципу Open Source или Free Ware т.е. бесплатно. Свободное программное обеспечение – широкий спектр программных решений, в которых права пользователя на неограниченную установку, запуск, а также свободное использование, изучение, распространение и изменение программ защищены юридически авторскими правами при помощи свободных лицензий. Чем больше у свободной программы активных пользователей, готовых вносить исправления и дополнения и делиться ими, тем быстрее развивается и надёжнее работает программа.

У многих дорогостоящих программ, используемых в обучении, имеются аналоги, распространяемые свободно. Можно предложить следующий комплект альтернативного ПО учебного компьютера:

- Операционная система: Linux (Ubuntu, SimplyLinux);
- Офисный пакет: Open Office (Writer, Calc, Impress, Base, Math, Draw);
- Графические редакторы: Artweaver (не для коммерческого использования), GIMP);
- Флеш-аниматор: KoolMoves;
- Система компьютерной алгебры: SMath Studio;
- HTML-редактор: HTML-Kit;
- Файловый менеджер: Far manager, Unreal commander, FreeCommander;
- Архиватор файлов: 7-Zip;
- Программы разработки бизнес-плана: Outreach (серверный вариант), GanttProject;
- Среда разработки ПО: Eclipse;
- Программа проектирования электронных схем: KTechLab.

В докладе рассматриваются функциональные возможности указанных программ, их преимущества и недостатки по сравнению с лицензионными аналогами, используемыми в учебном процессе.

### Литература

1. <http://softline.by>
2. <http://www.pravo.by>

**Г. А. Зубов, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **БИБЛИОТЕКА РАСШИРЕНИЙ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Трехмерная графика используется во множестве современных технологий, отраслей промышленности, визуализации различных технических процессов, в сфере развлечений. С ростом мощностей графических процессоров, компьютеры все чаще используются для целей трехмерной графики. Для более удобной разработки графического программного обеспечения создается большое количество различных программных библиотек и пакетов, например DirectX, XNA. Несмотря на удобство и возможности таких пакетов, работа с трехмерной графикой

невозможна без математических знаний, так как разработки оперируют математическими объектами.

Для отображения трехмерных графических объектов используются такие математические объекты, как матрицы, кватернионы, поверхности, трехмерные вектора, скалярные и векторные произведения и тому подобные. Для обработки движений и соударений таких объектов используются различные законы пересечения трехмерных фигур между собой, пересечение их произвольным лучом. Также важным аспектом трехмерной графики, используемой для игровых приложений или фильмов, является освещение и тени. Различные виды источников света могут представлять собой точки в трехмерном пространстве, поверхности. Сама по себе цветовая палитра представляет собой трехмерный или четырехмерный вектор.

.NET Framework – программная платформа, выпущенная компанией Microsoft в 2002 году. Фактически представляет собой операционную систему внутри операционной системы. Основой платформы является виртуальная машина Common Language Runtime (CLR), способная выполнять как обычные настольные программы, так и веб-приложения. Microsoft XNA – набор инструментов с управляемой средой времени выполнения (.NET), созданный Microsoft, облегчающий разработку и управление компьютерными играми. XNA стремится освободить разработку игр от написания «повторяющегося шаблонного кода» и объединить различные аспекты разработки игр в одной системе.

В ходе работы была спроектирована и сконструирована программная библиотека расширений, которая инкапсулирует в себе весь сложный математический код и позволяет пользователю оперировать объектами трехмерного мира и освещением напрямую. Сама же библиотека содержит методы, оперирующие математическими объектами, обрабатывает их взаимодействие и позволяет создавать графические приложения средней сложности достаточно быстро.

Разработанная библиотека может быть расширена и усовершенствована в зависимости от потребностей пользователя.

**О. В. Клименок, А. А. Чаплюк**

*(БелГУТ, Гомель)*

### **ТУРНИРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВУЗА EJUDGE**

В образовательном процессе учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» в течение года была

апробирована многофункциональная и надежная система тестирования задач с формализованным вводом-выводом Contester. Такую систему сейчас называют турнирной. Под электронной турнирной системой понимают как проведение соревнований (олимпиад, турниров) по программированию, так и учебный процесс с выставлением рейтингов. Серьёзной проблемой оказалось отсутствие некоторого необходимого функционала в системе Contester.

Дополнительно проанализировав существующие турнирные системы, было решено продолжить апробацию в образовательном процессе УО БелГУТ двух систем: Contester и Ejudge.

Выделим следующие преимущества и недостатки работающей в данный момент в УО БелГУТ турнирной системы Contester. К преимуществам можно отнести: легкость в установке; интуитивно-понятный интерфейс; возможность пакетного добавления новых пользователей. К недостаткам: проприетарная лицензия системы; ограниченность в выборе форматов проводимых олимпиад (доступны только командные); система не обновлялась с ноября 2010 года.

Преимущества и недостатки Ejudge. Плюсами являются: надежность; широкие возможности настройки; возможность управления посредством командной строки; наличие постоянных обновлений. К недостаткам можно отнести: сложность настройки; недостаточная полнота документации.

Исходя из простоты настройки и сопровождения, в первую очередь было решено опробовать систему Contester на ОС Windows. Система на протяжении недели работала безостановочно, в должной мере справившись с одновременной нагрузкой в 24 хоста. Как было упомянуто выше, Contester обеспечивала проведение лишь командных олимпиад, что являлось препятствием на пути к более масштабному внедрению и использованию системы в образовательном процессе.

Проанализировав достоинства и недостатки данных тестирующих систем, было решено заменить систему Contester на систему Ejudge.

За последний год автор также представил общественности переносимый образ виртуальной машины с предустановленным дистрибутивом Fedora 18 и системой Ejudge. Последний образ датирован 23 февраля 2013 года.

### Литература

1. <http://www.ejudge.ru/>
2. СПО в российских школах (<http://freeschool.altlinux.ru/?p=1906>)



**И. В. Коляскин, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕРПОЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ MATHEMATICA**

*Интерполяцией* называется представление функции  $y=f(x)$ , заданной аналитически или в виде таблицы функцией  $y=\varphi(x)$ , которая идентична исходной в некоторой области аргумента. Она необходима при планировании и статистической обработке эксперимента, при замене сложной аналитической функции более простой в нужном диапазоне изменения аргумента. Основными этапами компьютерных технологий интерполяции являются: выбор вида функции интерполяции; определение коэффициентов функции интерполяции и определение адекватности функции интерполяции.

Существуют два основных вида интерполяции: точная в узлах и приближенная в узлах.

В среде Mathematica интерполяция, точная в узлах, может быть реализована следующими методами: через решение систем алгебраических уравнений ис помощью функций *InterpolatingPolynomial* и *Interpolation*. Если интерполяционной является нелинейная функция, то для определения ее коэффициентов методами точными в узлах используются следующие два способа: создание и решение системы нелинейных уравнений и линеаризация нелинейной интерполяционной функции путем преобразования координат.

Интерполяция, приближенная в узлах (аппроксимация), применяется для сглаживания неточностей исходных данных, осуществляется по критерию минимума среднеквадратической ошибки и реализуется с помощью функции *Fit*. Полиномиальную аппроксимацию существует функция *PolynomialFit*, в которую передается степень возвращаемого полинома. Аппроксимация Паде служит для интерполяции функции, заданной в аналитическом виде, дробно-рациональной функцией.

Функции многих переменных в научных и практических задачах встречаются чаще, чем функции одной переменной. При этом возникают большие трудности выбора вида функции интерполяции, связанные с невозможностью графического представления функции на плоскости и даже в пространстве. Интерполяции функций многих переменных в системе Mathematica реализуется функцией *Fit*. В качестве параметров в эту функцию передаются матрица исходных данных, перечень базиса функции регрессии и перечень аргументов функции регрессии.

Для результатов экспериментальных исследований различных технических задач на плоскости и в пространстве построены различные интерполяционные функции и функции регрессии, которые хорошо аппроксимируют исходные данные.

**Д. Г. Кульша, Т. С. Гончаревич, Т. Л. Романькова**  
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА «ПРАВИЛА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕШЕХОДОВ»**

В настоящее время очень остро стоит вопрос безопасности дорожного движения. Но если водители в автошколах изучают правила на занятиях, сдают зачеты и экзамены, то знания участников дорожного движения, не имеющих водительского удостоверения, особенно детей, зачастую ограничиваются приблизительными представлениями о порядке перехода проезжей части на зеленый сигнал светофора. При подготовке к экзамену будущие водители используют специальную компьютерную программу, предоставляющую пользователям возможность осваивать правила дорожного движения в режиме тестирования по главам ПДД или по экзаменационным билетам. Использовать эту программу для обучения некоторых категорий участников дорожного движения, например, детей в школах, затруднительно, так как эта программа не учитывает возрастных особенностей, перегружена лишней для пешеходов информацией, а также не бесплатна. Исходя из этого, возникла идея разработки системы, которая должна помогать обучать правилам дорожного движения и осуществлять контроль полученных знаний для участников движения, не являющихся водителями.

Основные функциональные возможности системы:

- простой и интуитивно понятный интерфейс;
- разделение пользователей по уровням доступа (доступные роли: ученик, преподаватель);
- работа в режиме тренировки без ограничения времени;
- работа в режиме контроля по билетам с ограничением времени;
- справочная поддержка в режиме тренировки;
- режим экзамена;
- редактирование вопросов и билетов, настройка системы;
- наглядное представление результатов.

Информационной основой системы служит база данных, состоящая из справочных таблиц, (например, «ПДД», «Вопросы», «Подсказки» и т.д.) а также оперативных таблиц, таких как «Результаты экзамена», «Настройки системы». В системе планируется предусмотреть различные уровни работы: для дошкольников и младших школьников; средний уровень (4-7 классы); для продвинутых пешеходов и будущих водителей.

Разработанная система может использоваться в различных учебных заведениях, например, на уроках основ безопасности жизнедеятельности.

**К. Н. Куховец, Л. А. Глухова**  
(БГУИР, Минск)

### **СОЗДАНИЕ ВЕБ СЕРВИСОВ И УНИФИКАЦИИ ИНТЕРФЕЙСОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ**

На текущий момент быстрое и лёгкое создание веб служб является одной из основных задач при разработке различных систем. Это касается, например, автоматизированных систем дистанционного обучения, корпоративных систем и т.п. С развитием технологий и увеличением систем в размерах предоставление данных в виде служб становится всё более востребованным. Связано это в первую очередь с тем, что приложения, представляющие из себя набор различных API, гораздо проще поддерживать. Однако при использовании подхода распределения приложения возникает проблема унификации интерфейсов.

В настоящее время выделяют следующие типы интерфейсов: SOAP (интерфейс обмена структурированными сообщениями в распределённой вычислительной среде); REST (фактически представляет из себя HTTP с некоторыми замечаниями). При взаимодействии с данными интерфейсами перед программистом появляется нетривиальная задача. Связано это с тем, что вышеописанные способы предоставления API требуют различных подходов к построению приложения, что впоследствии может сильно усложнить программный код и, как следствие, ухудшить сопровождаемость кода и его характеристики качества.

С целью унификации интерфейсов в обучающих системах предлагается использование специальных прокси-серверов, которые будут служить промежуточным звеном и значительно упрощать взаимодействие с различными API. К таким серверам предъявляются следующие требования: наличие встроеного языка запросов; контролирование

формирования запроса и его отправки на всех стадиях; наличие системы контроля исключительных ситуаций; возможность установки сервера на различные платформы. Такие серверы реализуют следующие функции: предоставление унифицированного интерфейса взаимодействия с различными веб-службами; одновременная отправка нескольких запросов (асинхронное взаимодействие с различными службами); фильтрация ответов служб (наиболее часто применяется для мобильных приложений, где большую роль играет экономия трафика); предоставление полученных данных в различных формах (XML, JSON).

При такой организации приложения значительно повышается его практичность и сопровождаемость.

В докладе рассматриваются вопросы организации различных типов интерфейсов применительно к обучающим системам, критерии оценки их качества и влияния на организацию обучающих систем в целом.

**А. В. Лашкевич, В. А. Короткевич**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ЯЗЫКУ SQL**

Язык SQL является языком запросов к базам данных и используется для связи клиентских приложений с базами данных. В настоящее время знание языка SQL – обязательное требование, предъявляемое к современным специалистам в области информационных технологий.

Разработанная система тестирования предоставляет студентам возможность самостоятельного выполнения заданий с их последующей автоматической проверкой. Каждое задание представляет собой задачу на выборку информации из базы данных или вставку и модификацию данных в ней. Результатом решения задачи является написанный студентом запрос к базе данных на языке SQL. Этот запрос отправляется на выполнение на SQL-сервер, после чего решение проверяется путем сравнения полученного результата с результатом выполнения эталонного запроса. Таким образом, верно написанные запросы, отличающиеся по синтаксису от эталонного запроса, будут оценены как успешное решение задачи.

Система состоит из 3 основных частей: база данных с условиями запросов, эталонными запросами и таблицами данных, над которыми будут выполняться запросы, основной части сайта, которая служит для

тестирования студентов, подсчета результатов теста и выставления оценки, а также административной части сайта, которая позволяет редактировать содержимое всех таблиц и вести контроль за успеваемостью студентов.

Система предлагает большой набор тем по языку SQL (выборка из одиночных таблиц по различным условиям, перемножение таблиц, группировка данных, использование различных типов подзапросов, обновление данных), по каждой из которых доступно несколько десятков заданий, охватывающих широкий спектр учебного материала.

В административной части сайта у преподавателя доступна подробная статистика. По каждому студенту имеется полная информация по всем решенным и нерешенным задачам, а также возможность просмотреть ход самого решения, что позволяет установить степень усвоения студентом определенной темы. Дополнительно можно оценить прогресс каждого студента в группе и успеваемость всей группы в целом относительно других групп. Для преподавателей имеется возможность добавлять и редактировать темы и задания, а также изменять содержимое рабочей части базы данных, над которой выполняются задания, что позволяет постоянно расширять и улучшать содержание системы тестирования.

В настоящее время разработанная система активно используется в процессе преподавания дисциплин «Модели данных и СУБД», «Базы данных» на математическом факультет ГГУ им. Ф. Скорины.

**С. С. Ольшевский**

*(БГПУ им. М. Танка, Минск)*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА В РАЗРЕЗЕ ПОСЕЩАЕМОСТИ**

**(на примере образовательного портала Гродненского  
государственного университета им. Я. Купалы)**

Термин «качество образования» широко используется в современной педагогической науке. Он интегрирует в себе такие составляющие, как потребности личности и общества; уровень знаний, умений, навыков и других социально-значимых параметров, сформированных в процессе обучения; достижимость поставленных целей и полученные результаты и др. В силу того, что в последнее время наблюдается тенденция роста числа образовательных Интернет-ресурсов (ОИР) в гло-

бальном информационно-образовательном пространстве, остро встает вопрос оценки их эффективности. Критериями оценки эффективного ОИР является множественность показателей, в том числе и посещаемость.

Для того чтобы вести речь об эффективности в разрезе посещаемости, в первую очередь необходимо установить значение такого параметра, как размер аудитории ОИР и дополнительные его характеристики.

Следующим этапом является выбор временных промежутков для оценки эффективности с учетом специфики деятельности университета и его структурных подразделений.

Для оценки эффективности ОИР в разрезе посещаемости следует использовать как средства веб-аналитики корпоративного уровня собственной разработки, так и средства аналитики корпоративного уровня сторонних разработчиков, например, мы выбрали инструментарий от Google Analytics.

Так же следует отметить, что должное внимание нужно уделять анализу информации о среднем времени, проведенном пользователями на образовательном Интернет-ресурсе, о количестве просмотренных страниц за посещение.

Важным элементом является анализ содержимого образовательного Интернет-ресурса. Этот анализ нам позволил определить наиболее популярные сервисы ОИР.

Анализ эффективности образовательного портала ГрГУ им. Я. Купалы в разрезе посещаемости показал, что цели поставленные концепцией информатизации ГрГУ им. Я. Купалы на данном этапе достигнуты, что подтверждено средствами аналитики корпоративного уровня собственной разработки и инструментарием Google Analytics. Также проведенный анализ позволил определить направления дальнейшего совершенствования.

**О. А. Подольская**

*(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)*

**МОДИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
МОДУЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММЫ  
КОРРЕКЦИИ ПО ТЕМЕ «ЛОГАРИФМЫ»**

Ввиду снижения уровня подготовки первокурсников по школьному курсу математики объем необходимых корректирующих мероприя-

тий, в проведении которых принимают участие также и сотрудники СНИЛ «Методические проблемы развивающего образования», постоянно растет. Например, при корректирующем обучении по теме «Логарифмы» уже нельзя опереться на понятие обратной функции, на определение функции и ее графика, на свойства показательной функции, на определение степени числа с натуральным, целым, рациональным и иррациональным показателем, на упорядоченные представления о расширении понятия числа в школьном курсе математики. Результаты тестирования уровня подготовки первокурсников показывают, что все эти вопросы тоже нужно включать в программу корректирующего обучения. Для решения этой задачи на математическом факультете введен курс «Избранные вопросы элементарной математики», но из-за усложнения проблем использовать нужно и другие ресурсы, например, ресурсы информационных технологий.

Первым шагом на этом пути является модификация технологии модульного обучения. Для формирования навыков самостоятельной учебной деятельности, актуального из-за широкого распространения в школе формального подхода к обучению математике, в содержательное ядро модуля нужно включать не только определения и теоремы из данной темы, но и совокупность активно используемых фактов из других тем, то есть модули нужно выстраивать по цепям связей между фактами. Глубокое повторение материала в одном из таких модулей, которое на начальном этапе требует применения эвристического метода обучения, даст студентам образец неформального изучения математики и раскроет его преимущества, что создаст необходимые предпосылки для применения в корректирующем обучении информационных технологий.

Связность материала внутри модуля позволяет проверять его усвоение студентами малой выборкой заданий специального вида, требующих опоры именно на связи между фактами. Примеры таких заданий указаны в работе [1]. Они не позволяют пренебрегать логической стороной дела и требуют изучать не только факты, но и их доказательства.

## Литература

1. Миротин А.Р., Ермаков В.Г. 50% – это половина? Или как вернуть доказательства в школьную математику // Математика и информатика в естественнонаучном и гуманитарном образовании: Материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 20-21 апреля 2012). – Мн.: Изд. центр БГУ, 2012. – С. 177-180.

**А. И. Сосновский**

*(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)*

## **СОЗДАНИЕ САЙТА ШКОЛЫ НА CMS JOOMLA**

Joomla! – система управления содержимым, написанная на языках PHP и JavaScript и использующая в качестве хранилища базу данных MySQL, является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPL.

Возможности CMS JOOMLA были продемонстрированы на примере создания сайта школы. При этом использовалась последняя стабильная версия CMS JOOMLA 2.5.8

В данной версии появились новые функции, увеличена скорость работы, решено множество проблем безопасности, увеличилось количество шаблонов, модулей, плагинов, а также перестало существовать такое понятие как «Раздел».

Данный сайт предоставляет возможность получить информацию о школе, ее истории, о лучших выпускниках, новости школы.

Ученики и родители имеют доступ к расписанию уроков, времени работы администрации школы, объявлениях о проведении шестого школьного дня, о спортивных секциях.

Можно выделить следующие основные возможности Joomla, которые успешно реализованы при создании сайта школы:

- интерфейс фронтальной и административной части отображается на любом языке;
- функциональность можно расширять с помощью дополнительных модулей (расширений, плагинов);
- модуль безопасности для многоуровневой аутентификации пользователей и администраторов;
- система шаблонов позволяет легко изменять внешний вид сайта;
- настраиваемые схемы расположения модулей, включая левый, правый и центральный блоки меню;
- все модули, компоненты, плагины, шаблоны можно написать самому;
- для каждой динамической страницы можно создать своё описание и ключевые слова в целях повышения рейтинга в поисковых системах;
- начало и окончание публикации любых материалов можно запрограммировать по календарю;

Возможность ограничить доступ к определённым разделам сайта только для зарегистрированных пользователей.



## СОДЕРЖАНИЕ

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ**

#### ***Дифференциальные уравнения, математический анализ и численные методы***

<i>Астафьева А. В.</i> Асимптотика аппроксимаций Эрмита-Паде для системы экспонент.....	3
<i>Банюкевич Е. В.</i> Непрерывные вейвлет-преобразования с базисными вейвлетами Соболева .....	4
<i>Белокурский М. С., Деменчук А. К.</i> Периодическая отражающая функция квазипериодической дифференциальной системы .....	5
<i>Бондорева М. С., Ермаков В. Г.</i> Пример краевой задачи типа наклонной производной с ненулевым индексом .....	6
<i>Лещёв А. Е., Минченко Л. И.</i> Ослабленные условия Голлана по направлению .....	8
<i>Муха Н. В., Березовская Е. М.</i> Методы решения задачи о трехслойной балке.....	9
<i>Навёичкова Д. А.</i> Дискретные уравнения класса фукса 2-го порядка... 10	10
<i>Поддубный А. А.</i> Дифференциальные уравнения изгиба трехслойной балки при ее неполном контакте с упругим основанием. 11	11
<i>Ружицкая Е. А., Халецкая А. М.</i> Стабилизация оптимальных по быстрдействию систем.....	12
<i>Фиалка С. И.</i> Численное решение релятивистских двухчастичных интегральных уравнений с одним квазипотенциалом .....	14
<i>Шамына А. А.</i> Граничная задача о прохождении электромагнитной волны через бесконечную периодическую систему биизотропных слоев .....	16
<i>Шелестович П. В., Штак Д. С.</i> Характеристика точек слабого острого минимума.....	17
<i>Штак Д. С.</i> Квазиобратный эволюционный оператор первого порядка для нелинейного дифференциального уравнения с квадратичной нелинейностью.....	18
<b><i>Теория вероятностей и математическая статистика, теория массового обслуживания</i></b>	
<i>Алексеева Д. А.</i> Анализ динамики цен рыночных активов методами теории циклов и волновой теории .....	20

<i>Басуматоров Е. А.</i> Моделирование портфеля страховой компании, состоящего из групп договоров краткосрочного страхования жизни ...	21
<i>Бусько Н. В., Семенчук Н. В.</i> Построение расширенной периодограммы для эргодического стационарного случайного процесса ..	22
<i>Буховец В. А., Малинковский Ю. В.</i> Стационарное функционирование трёхузловой циклической сети с групповыми перемещениями..	24
<i>Габрусевич Е. С., Матальцкий М. А.</i> Анализ стохастической модели формирования доходов областной налоговой инспекции .....	25
<i>Жук А. А., Булойчик В. М.</i> Оценка результатов поражения объектов на основе теории марковских процессов.....	26
<i>Жукова А. И., Марченко Е. В., Носкевич А. Н.</i> Интервальная оценка вероятностных характеристик надёжности структурно-сложных систем .....	28
<i>Ивановская Т. К., Матальцкий М. А.</i> О прогнозировании доходов региональной таможни .....	29
<i>Копть И. С.</i> Разработка сайта железнодорожного вокзала на JAVA с использованием MySQL .....	30
<i>Красовская А. А., Мальцева Г. А., Жердецкий Ю. В.</i> Вероятностная оценка надёжности систем-трёхполюсников .....	31
<i>Кузьмина А. А.</i> Моделирование и анализ характеристик портфелей облигаций .....	32
<i>Маршков И. Ю.</i> Исследование открытой трёхузловой сети с положительными и отрицательными заявками.....	33
<i>Маспанова Т. В.</i> Сеть массового обслуживания с различными типами заявок.....	34
<i>Новик А. И.</i> Полу-параметрический метод оценивания параметра копул .....	36
<i>Парфенков К. Л.</i> Линейные стохастические модели динамики изменения цен рыночных активов.....	37
<i>Садовская О. И.</i> Управление дискретной системы .....	38
<i>Свинарский М. В.</i> Применение теории массового обслуживания в военном деле .....	39
<i>Ставшая К. С.</i> Проверка статистических гипотез с помощью критериев согласия .....	40
<i>Степаненко И. С.</i> Адаптивный метод наименьших квадратов. Добавление дополнительных испытаний.....	41
<i>Стоцко П. Б.</i> Модель оценки характеристик инвестиционного портфеля на основе однофакторной модели доходности .....	44

<i>Тао Сунь, Малинковский Ю. В.</i> Сети с многорежимными стратегиями обслуживания и ограничениями на длительности пребывания заявок в узлах .....	45
<i>Мяомяо Цзи.</i> Исследование открытой трёхузловой сети массового обслуживания с двумя типами заявок .....	46
<i>Юе Чжао, Малинковский Ю. В.</i> Сети обслуживания с групповыми перемещениями и обходами сообщений о формировании размеров поступающих групп.....	47
<i>Чижик М. Н.</i> Применение критериев тренда в статистическом анализе численности населения Республики Беларусь.....	48
<i>Ифань Чэн, Малинковский Ю. В.</i> Сети с многорежимными стратегиями обслуживания и обходами узлов заявками .....	50
<i>Якимец М. С., Матальцкий М. А.</i> Анализ и оптимизация моделей обслуживания пациентов в некоторых медицинских учреждениях ..	51

#### **Алгебра и геометрия**

<i>Атвиновский А. А., Миротин А. Р.</i> Об обратимости операторов, возникающих в $R_b$ -исчислении .....	53
<i>Васильев В. А.</i> Об одной критерии S-перестановочности подгрупп конечных групп .....	54
<i>Вегера А. С.</i> О метанильпотентных конечных группах с K-F-субнормальными силовскими подгруппами .....	55
<i>Велесницкий В. Ф., Семенчук В. Н.</i> О конечных группах с обобщенно субнормальными критическими подгруппами .....	56
<i>Гавриш В. Ю.</i> Вычисление матричного элемента распада псевдоскалярного мезона методом базисных спиноров .....	57
<i>Гришук Д. В.</i> О $\pi$ -разрешимых группах с нильпотентным обобщенным коммутантом .....	59
<i>Кирилук Д. И.</i> Об n-арном аналоге аффинной теоремы Дезарга ...	60
<i>Ковалева И. С.</i> Теорема о свертке преобразования Стилтеса над полугруппой $Z_+$ .....	62
<i>Кондратёнок Н. В., Васьковский М. М.</i> Цепные дроби в евклидовых кольцах .....	63
<i>Крыштапенко Л. Г.</i> Блочно-модульная структура программы коррекции по теме «Тригонометрия».....	64
<i>Кушаева Ю. С., Аниськов В. В.</i> О некоторых свойствах неприводимых локальных формаций заданного дефекта.....	65
<i>Мурашко В. И.</i> Об одном обобщении теоремы Бэра .....	66

<i>Мурашко В. И., Кирилук Д. И., Мысловец Е. Н., Вегера А. С.</i> Использование пакета GAP для решения задач теории конечных групп .....	67
<i>Мысловец Е. Н.</i> Об одной конструкции композиционных формаций конечных групп .....	68
<i>Трифонова И. В.</i> Полиномиальный эволюционный оператор второй кратности.....	69
<i>Фенчук И. Н.</i> О конечных группах с ограничениями на некоторые максимальные подгруппы.....	70

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

### ***Математическое моделирование***

<i>Березовский М. С., Жадан М. И.</i> Новая система оценки результатов матчей.....	72
<i>Богданов Д. Ю., Коноваленок В. Д.</i> Оптимизационные средства, используемые в ходе выработки решения на организацию материального обеспечения войск в ходе боевых действий: проблемы применения и перспективы.....	74
<i>Бойкачев П. В.</i> Методика коррекции фазы на этапе аппроксимации с использованием модифицированных функций .....	75
<i>Боровик В. П., Кухта С. В.</i> Нечеткая оптимизация процесса комбинированной обработки деталей машин.....	76
<i>Буйлов Е. Н.</i> Математическая модель поверхностно-распределенных мешающих отражений в широкополосном приемном тракте моноимпульсной РЛС .....	78
<i>Викторов И. А., Развин Ю. В.</i> Моделирование и исследование оптических модуляторов на основе анизотропных ЖК-ячеек .....	79
<i>Воронова Н. П., Грибкова С. М., Чужинов В. А.</i> Исследование некоторых аспектов аэродинамики печей серии РКП .....	80
<i>Галов Н. А.</i> Вывод уравнений, описывающих изгиб трехслойной круговой пластины на основании Пастернака.....	81
<i>Ганжурова А. В., Березовская Е. М.</i> Реализация методов моделирования графических объектов в пространстве.....	82
<i>Германович И. П., Акулич С. В.</i> Математическая модель оценки эффективности проведения мероприятий противодействия космическим средствам радиолокационной разведки.....	83

<i>Горбачев А. Н., Бойко М. В.</i> Частная методика оценки эффективности функционирования мобильных сил и средств тыла группировки сил территориальной обороны .....	84
<i>Горбачёва Ю. Н.</i> Численное решение задачи об устойчивости жидкой перемычки между двумя коаксиальными цилиндрами .....	86
<i>Деканова М. В.</i> Критерии оптимизации в задаче составления расписания для ВУЗа .....	87
<i>Дмитренко А. А., Седышев С. Ю.</i> Сравнительный анализ различных способов определения пространственных координат источников радиоизлучения в комплексах пассивной локации .....	88
<i>Еромин А. М., Шабан С. А., Сидорович О. В., Мороз А. Н.</i> Синтез контура телеуправляемой ракеты средней дальности при инерционном измерителе .....	89
<i>Жерносеков Р. А., Першин В. Т.</i> Моделирование дифференциальной фазовой манипуляции в системе MATLAB .....	90
<i>Жуляк Н. А., Богатырев Е. А.</i> Анализ математических методов исследования сложных систем .....	91
<i>Катрич А. Е., Хорунжий И. А.</i> Компьютерная оптимизация параметров алмазного теплоотвода для лазерного светодиода .....	93
<i>Кечко Е. П., Кузьменков Д. С.</i> Квазидекпозиция фундаментальной матрицы решений задачи оптимального управления тепловым процессом в стержне с теплообменом на двух концах ..	94
<i>Коноплев В. Ю., Цурганова Л. А.</i> Компьютерное моделирование деформаций грунтового основания плитного фундамента .....	95
<i>Кулагина М. В.</i> Разработка и обоснование алгоритма построения множества неподвижных индексов в задачах полубесконечного программирования с многомерным множеством индексов .....	96
<i>Куренёв В. А., Аникеев С. В.</i> Разработка модели адаптивного измерителя координат .....	97
<i>Лепесий И. А., Никанчик Н. А.</i> Повышение эффективности системы вещевого обеспечения за счет использования централизованного подвоза .....	99
<i>Луд Ж. М.</i> Математическое и компьютерное объектно-ориентированное моделирование осадки одиночной цилиндрической сваи в сложном нелинейно-деформируемом грунтовом основании .....	100
<i>Мельникова А. В., Карасёва Г. Л.</i> Линейная задача оптимального управления с нефиксированным конечным состоянием .....	101

<i>Михалковский А. А.</i> Особенности алгоритма работы много- модельного измерителя с мезобзорной памятью гипотез с учетом модели движения с постоянной угловой скоростью .....	102
<i>Оржиш П. И.</i> Анализ математической модели диаграммы направленности передающей антенной решётки ММО РЛС.....	103
<i>Полховская Е. А., Лубочкин А. В.</i> Стабилизация модели маятника с двумя нелинейностями управления минимальной интенсивности ..	105
<i>Резников И. В., Савицкая Т. А.</i> Математическая модель частицы гидрофобизованного лигнина и дизельного топлива .....	106
<i>Сакович Т. Н.</i> Исследование вариабельности ритма сердца с по- мощью непрерывного вейвлет-преобразования.....	107
<i>Синица Д. А., Лубочкин А. В.</i> Осуществление заданных движе- ний динамических систем с минимальной энергией.....	109
<i>Сурмач А. И.</i> Построение состоятельных классических оценок спектральных плотностей.....	110
<i>Сухоруков О. В.</i> Битовый код процесса арифметической опера- ции «Деление».....	111
<i>Томило Е. В., Василевич Ю. В.</i> Расчёт минимального количества листов автомобильной рессоры.....	112
<i>Холяво К. И.</i> Алгоритм автоматизированного выделения ядер на изображениях гистологических препаратов на основе методов нечеткой логики, яркостных и геометрических характеристик.....	114
<i>Яшманов Ю. Н., Жадан М. И.</i> Исследование стационарных со- стояний бифилярных передач .....	115
<b><i>Имитационное моделирование</i></b>	
<i>Аксенов Е. С., Развин Ю. В.</i> Компьютерное моделирование и сравнительный анализ оптических схем привода голографиче- ских дисков .....	117
<i>Бойправ О. В., Борботько Т. В., Хайдер А. А.</i> Моделирование процесса взаимодействия излучения Wi-Fi антенны с коакси- альными кабелями разной длины .....	118
<i>Воронцов М. Н.</i> Компенсация мешающих отражений в РЛС об- зора повышенной скрытности.....	119
<i>Гапеев Д. И., Кандрукевич Е. С., Комаров И. Н.</i> Обработка кар- тографической информации на базе платформы .NET .....	120
<i>Гарист А. Н., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование де- формации и осадок большеразмерных плитных фундаментов на нелинейно-деформируемом грунтовом основании, содержащем включение пониженной несущей способности.....	122

<i>Горбачев В. С., Быховцев В. Е.</i> Некоторые особенности программного обеспечения объектно-ориентированного моделирования деформаций систем твердых тел .....	123
<i>Здоровченко В. А.</i> Численный анализ применения многопустотных плит в качестве фундаментов зданий .....	124
<i>Ехилевский С. Г., Ольшанников С. А.</i> Метод моментов и динамика сорбционной активности при малых временах.....	125
<i>Ехилевский С. Г., Потапенко Е. П.</i> Нестационарные граничные условия в моделировании динамической сорбционной активности..	125
<i>Кипарин А. И., Самусенко А. А., Развин Ю. В.</i> Моделирование и исследование режимов работы полноцветных светодиодных кластеров.....	126
<i>Клименко Ю. В.</i> Синтез оптимальной структуры вероятностных технологических процессов.....	127
<i>Климович А. Н.</i> Обеспечение функциональности средств автоматического построения имитационных моделей.....	129
<i>Костейко Г. В., Мурашко И. А.</i> Принципы моделирования дискретных схем на языке описания аппаратуры VHDL .....	130
<i>Костейко Г. В., Мурашко И. А.</i> Хорошие практики моделирования на языке VHDL .....	131
<i>Кумашов Р. В.</i> Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов металлических ферм с учетом развития локальных коррозионных повреждений.....	132
<i>Ларкин А. В., Комяк А. В., Мацкевич А. Н.</i> Апробация системы асоника при проведении виртуальных испытаний печатного узла на внешние механические и тепловые воздействия .....	133
<i>Латарцев А. А., Юркевич Н. П.</i> Моделирование деформированного состояния балок из стали различной геометрической формы .....	134
<i>Макул П. С., Комаров И. Н.</i> Трехмерное представление объектов имитационного моделирования с использованием технологии XNA FRAMEWORK .....	135
<i>Монько В. Д.</i> О имитационном моделировании сетей с однопипными заявками и многолинейными системами.....	136
<i>Нестереня И. Г.</i> Нахождение прогибов тонкого стержня под действием динамической нагрузки с использованием двухмерных конечных элементов.....	137
<i>Олексюк А. О., Литницкий В. А.</i> Защита информации в каналах с шумами на основе не примитивных линейных кодов.....	138

<i>Пивоварчик О. И.</i> Создание приложения для построения модели локальной сети .....	140
<i>Прокопенко Д. В.</i> Компьютерный анализ влияния расстояния между двумя коробчатыми плитными фундаментами на их осадку на нелинейно-деформируемом грунтовом основании.....	141
<i>Прокопенко Д. В.</i> Компьютерный анализ влияния огаждающего армирования малопрочного грунтового основания на осадку плитного фундамента на нелинейно-деформируемом грунтовом основании .....	142
<i>Роговцова О. В.</i> Эрмитов конечный элемент для моделирования прогибов бруса.....	143
<i>Романенко В. В.</i> Проектное моделирование структуры технологического цикла производственных систем с вероятностными характеристиками .....	145
<i>Рыщук А. С.</i> Моделирование с использованием параллельных процессов.....	147
<i>Савицкий Д. А., Маслович С. Ф.</i> Система управления списками задач на платформе iOS .....	148
<i>Седышев С. Ю., Габец С. А.</i> Адаптивный режекторный фильтр подавления мешающих отражений.....	149
<i>Сидоренко С. Т., Кудерко В. В.</i> Минимизация поля рассеяния рамочной антенны .....	151
<i>Соколов В. В., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование несущей способности армированного грунтового основания плитных фундаментов.....	152
<i>Солонар А. С., Хмарский П. А.</i> Алгоритм работы ансцентного фильтра калмана при наблюдении объектов в полярных координатах .....	153
<i>Солонар А. С., Хмарский П. А.</i> Оценка влияния условий наблюдения на показатели качества фильтров калмана различных модификаций .....	154
<i>Старотиторов С. И.</i> Компьютерное моделирование эффективности фундамента из большеразмерной коробчатой плиты на нелинейно-деформируемом грунтовом основании.....	155
<i>Трембович А. В., Немец Ю. Ю.</i> Разработка интерактивной системы для слежения и сбора данных о движущихся объектах.....	156
<i>Трубенко Д. Н.</i> Моделирование деформации стержня под действием динамической нагрузки с разбиением на конечные элементы в виде отрезка .....	157



<i>Фильчук Ю. С.</i> Уточненная методика расчета дальности действия радиолокаторов на фоне помех с использованием возможностей современных пэвм .....	159
<i>Хоруженко А. Н., Маслович С. Ф.</i> Реализация имитационной модели рекламного сетевого трафика .....	160
<i>Юрьев В. А., Драгун Е. С.</i> Моделирование процессов обогащения местных видов топлива .....	161
<i>Ярмалкевич В. И.</i> О путях совершенствования имитационной модели многоканальной организационно-технической системы... ..	162
<i>Ярмолик С. Н., Храменков А. С., Вертинский Д. В.</i> Проверка статистических гипотез на основе последовательного алгоритма Вальда .....	163

## **СОВРЕМЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### ***Прикладные программно-аппаратные системы***

<i>Анищенко И. С.</i> Об одном алгоритме представления образов классов кластерных структур .....	165
<i>Анкуда А. Д.</i> Реализация и анализ хэш-функции на основе трехслойной хаотической нейросети .....	166
<i>Байтингер Г. Р., Таранцев Д. С.</i> Исследование шифров замены методами классической криптографии .....	167
<i>Барановский А. Т.</i> О разработке общей концепции интерактивного портала, обеспечивающего коммуникации в системе высшего образования .....	168
<i>Белянский И. Н., Кириллов В. И.</i> Определение характеристик и параметров фантомной цепи по характеристикам физических пар медно-кабельных линий в сетях абонентского доступа .....	169
<i>Бирюк И. А.</i> Анализ сходимости нейронных сетей, построенных на основе алгебры комплексных чисел .....	171
<i>Бобовик Е. В.</i> Техническая концепция реализации хранилища данных для системы кадрового обеспечения .....	172
<i>Бойко В. В., Михайлов Н. В.</i> Разработка распределенной полунатурной системы моделирования боевых действий на основе технологии высокоуровневой архитектуры .....	173
<i>Британов Е. И., Осипенко Н. Б.</i> Разработка программно-алгоритмических средств разведочного анализа данных .....	174

<i>Буйневич С. Н., Осипенко Н. Б.</i> Программный инструментарий оптимизации туристических маршрутов на основе генетических алгоритмов .....	175
<i>Бысов А. А., Машкин Е. В.</i> Самоподобная структура задержки ожидания пакетов голосового трафика в буфере маршрутизатора.....	177
<i>Войтас М. В., Сафаров Д. А.</i> Разработка приложения для создания интерактивных книг .....	178
<i>Ворвуль А. А.</i> Об одном методе оценки практичности программного обеспечения.....	179
<i>Глушко О. В.</i> О моделировании визуальной среды для поддержки разработки информационных систем .....	181
<i>Грико С. В., Монченко И. Д.</i> О разработке системы, предназначенной для поддержки здорового образа жизни.....	182
<i>Громак Ф. А., Карасева Г. Л.</i> Игровое приложение на языке JAVA .....	183
<i>Гузова В. В., Жадан М. И.</i> Разработка базы данных средствами DB2... ..	184
<i>Дубровин Д. П.</i> Об агрегировании предпочтений в процессе взаимодействия социальных объектов информационного пространства.....	185
<i>Жавнерко Е. В.</i> Создание обобщенной среды для поддержки взаимодействий в рамках кафедры .....	186
<i>Жвалевский А. А.</i> О разработке платформы для создания отказоустойчивого облачного хостинга веб-приложений.....	187
<i>Жуляк Н. А., Любченко И. Г.</i> Программно-аппаратный комплекс Kerio Control .....	188
<i>Жихарев С. О., Осипенко Н. Б.</i> Разработка программных средств проверки уникальности текста с использованием ресурсов поисковых систем .....	189
<i>Жуков Д. В., Осипенко Н. Б.</i> Разработка инструментария автоматизации обработки данных психологических экспериментов.....	191
<i>Клыбик В. П.</i> Реализация PUF типа арбитр на FPGA .....	192
<i>Козлов О. А., Карасёва Г. Л.</i> Реализация шаблона проектирования ModelViewController (MVC).....	193
<i>Кривенков С. В., Седлер С. И., Щура К. Н., Гавриловец Д. И., Заботин Е. Л.</i> Методика тестирования генераторов псевдослучайной последовательности.....	194
<i>Крикало М. В., Мережа В. Л., Осипенко Н. Б.</i> Программа экспресс-диагностики хронического тонзиллита .....	197

<i>Крикало М. В., Мережа В. Л., Осипенко Н. Б.</i> Этапы статистического исследования базы данных в программе экспресс-диагностики хронического тонзиллита.....	198
<i>Кулешов А. С., Карасёва Г. Л.</i> Отображение решения дифференциальных уравнений с помощью компьютерной графики .....	199
<i>Лазарь Д. В., Ломакин В. А.</i> О разработке визуализатора спектров для поддержки лазерной экспрессной экспертизы.....	200
<i>Ломакин В. А., Коледа А. В.</i> О подходах к разработке приложения для сканирования и отождествления баркодов .....	201
<i>Ломакин Г. А.</i> О создании интегрированной веб-среды для редактирования графических приложений.....	202
<i>Масленченко Н. В., Жадан М. И.</i> О применении платформы j2ee для проектирования и разработки корпоративного приложения ...	203
<i>Миرونенко И. Н., Карасёва Г. Л.</i> Реализация мобильного приложения «Бронирование конференц-залов на предприятии» .....	205
<i>Михайлов Н. В., Бойко В. В.</i> Разработка серверного приложения для осуществления взаимодействия различных клиентов и хранения данных их работы.....	206
<i>Нестерук С. В., Осипенко Н. Б.</i> Программный инструментарий восстановления пропусков в статистических данных.....	207
<i>Нестерук С. В., Осипенко Н. Б.</i> Программный инструментарий непараметрического восстановления пропусков.....	208
<i>Новиков Д. В.</i> Разработка бизнес системы на основе веб-сайта, позволяющей предприятиям, предпринимателям и учреждениям быть более открытыми для людей, погружаясь в виртуальный мир.....	209
<i>Осипенко К. А., Осипенко Н. Б.</i> Пример построения вторичных признаков при проведении исследования прогностических возможностей квадрата Пифагора.....	210
<i>Пинязьков И. А., Жадан М. И.</i> Разработка проекта с применением WEB-технологий HTML, CSS, CMS.....	212
<i>Предко В. В., Рудяк А. А., Шеститко И. А.</i> О реализации 3D-пространства физических и сетевых взаимодействий средствами Microsoft XNA Framework.....	213
<i>Прохоренко В. А.</i> Использование однослойного перцептрона для распознавания символов латинского алфавита.....	214
<i>Росолько Д. В.</i> Аспектно-ориентированная парадигма программирования в языке JAVA.....	215

<i>Рюмцев А. А., Мурашко В. С.</i> Информационное обеспечение решения задачи технического нормирования станочных работ на базе электронного каталога .....	216
<i>Сафонова Е. В., Ющенко Ю. А.</i> Концепция государственного репозитория электронных документов .....	218
<i>Слука А. А., Осипенко Н. Б.</i> Построение оценки функции плотности распределения вероятности в Mathcad.....	220
<i>Стародубцев И. Е.</i> Программа расчета фрактальной размерности наноструктурированных поверхностей по данным атомно-силовой микроскопии .....	222
<i>Тарарай А. А.</i> Исследование влияния методов конвертации текстовых документов на целостность встроенных стегообъектов.....	224
<i>Тимофеев Е. С., Торчишник А. В., Тихоненко Т. В.</i> Автоматизация учета книгообеспеченности кафедры «Информатика» .....	225
<i>Толстогузов Ю. А., Карасёва Г. Л.</i> Перезагрузка данных в мобильном приложении .....	226
<i>Усиков А. В.</i> Построение самообучающегося аналитического сервиса для предоставления прогнозов, описательных и сравнительных сводок данных .....	227
<i>Худышин Ю. А., Кобайло А. С.</i> Анализ изображений с применением искусственных нейронных сетей .....	228
<i>Чарушиников А. Д., Матюх С. В.</i> Микропроцессорная система и программное обеспечение автоматического измерения результатов легкоатлетов в спринте .....	229
<i>Чернявский П. С.</i> Оптимальное распределение ресурса центра коммутации в условиях неоднородного трафика .....	230
<i>Шелкович А. А.</i> Модель качества приложений мобильных устройств .....	231
<i>Шумигей П. В.</i> Разработка подсистемы online-отчетности для анализа эффективности деятельности подразделений ВУЗа .....	232
<i>Шутько Н. П., Пласковицкий В. А.</i> Модификация и использование стеганографического метода защиты электронных текстовых документов от несанкционированного использования .....	234
<i>Щербацкий А. В.</i> Эффективность текстовой стеганографии при модификации цветовых параметров символов .....	235
<i>Якушевич П. А.</i> Сравнение алгоритмов поиска подстрок .....	236
<i>Янович И. В., Осипенко Н. Б.</i> Разработка программы просмотра экрана удалённого компьютера с возможностью рисования и двухсторонней связью .....	237

### **Информационные технологии в обучении**

<i>Балычев С. В., Осипенко Н. Б.</i> Автоматизация процесса тестирования знаний учащихся в школе .....	239
<i>Белоглазов А. А., Короткевич Л. И.</i> Автоматизация проведения централизованного тестирования в ВУЗе .....	240
<i>Бобрик И. В., Крейдик А. А.</i> Электронный учебник дисциплины «Информатика» для студентов заочной формы обучения.....	243
<i>Борисевич Е. А.</i> О подготовке студентов в системе дистанционного образования.....	244
<i>Денищик Р. И.</i> Разработка системы автоматизированного тестирования для поддержки учебного курса «Программирование».....	245
<i>Жуляк Н. А., Барткевич А. В.</i> Использование систем дополненной реальности в образовательном процессе.....	246
<i>Жуляк Н. А., Сакольчик А. А., Лесняк И. А.</i> Кейс как комплекс организационно-методического обеспечения дистанционного обучения.....	248
<i>Жук Я. А.</i> Семантическая сеть для компьютерной обучающей системы..	249
<i>Заяц А. В., Давыдов В. С.</i> Использование программного обеспечения свободного распространения в учебном процессе.....	251
<i>Зубов Г. А., Жадан М. И.</i> Библиотека расширений для математических объектов.....	252
<i>Клименок О. В., Чаплюк А. А.</i> Турнирная система для ВУЗа Ejudge .....	253
<i>Коляскин И. В., Жадан М. И.</i> Возможности интерполирования в системе Mathematica.....	255
<i>Кульша Д. Г., Гончаревич Т. С., Романькова Т. Л.</i> Компьютерная обучающая система «Правила дорожного движения для пешеходов» .....	256
<i>Куховец К. Н., Глухова Л. А.</i> Создание веб сервисов и унификации интерфейсов в автоматизированных системах обучения .....	257
<i>Лашкевич А. В., Короткевич В. А.</i> Разработка системы тестирования студентов по языку SQL .....	258
<i>Ольшевский С. С.</i> Оценка эффективности образовательного интернет-ресурса в разрезе посещаемости (на примере образовательного портала Гродненского государственного университета им. Я. Купалы).....	259
<i>Подольская О. А.</i> Модификация технологии модульного обучения для программы коррекции по теме «Логарифмы».....	260
<i>Сосновский А. И.</i> Создание сайта школы на CMS JOOMLA .....	262

Научное издание

**Новые математические методы  
и компьютерные технологии  
в проектировании, производстве  
и научных исследованиях**

Материалы XV Республиканской научной конференции  
студентов и аспирантов  
(Гомель, 25–27 марта 2013 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *В. В. Подгорная*

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2013. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. \_\_, \_\_. Уч.-изд. л. \_\_, \_\_. Тираж 120 экз.  
Заказ № \_\_.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»  
ЛИ №02330/0549481 от 14.05.2009  
Ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель