

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 XX Республиканской научной конференции  
студентов и аспирантов  
(Гомель, 20–22 марта 2017 года)

В двух частях

Часть 1  
Электронное издание

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2017

**Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях [Электронный ресурс] : XX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов (Гомель, 20–22 марта 2017 года) : материалы : в 2 ч. – Электрон. текст дан.4,9 МБ. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: IBM-совместимый компьютер; Windows XP; ОЗУ 512 Mb; CD-ROM 8-х и выше. – Загл. с этикетки диска.**

Сборник содержит материалы докладов XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях».

Издание состоит из двух частей. В первой части помещены материалы секций: «Аналитические и численные методы исследования в математике», «Математическое и имитационное моделирование», «Современные информационные технологии».

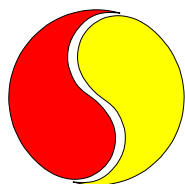
Адресуется студентам, магистрантам и аспирантам вузов, научным работникам.

**Редакционная коллегия:**

О. М. Демиденко (главный редактор), Р. В. Бородич, С. П. Жогаль,  
Ю. В. Малинковский, В. С. Смородин, В. И. Мироненко,  
В. В. Можаровский, А. В. Лубочкин, В. Д. Левчук, М. С. Долинский

УО «ГГУ имени Ф. Скорины»  
246019, Гомель, ул. Советская, 104,  
<http://www.gsu.by>

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2017



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

---

**Л. С. Абучина, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им Ф. Скорины, Гомель)

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
В КЛАССЕ МНОГОМЕРНЫХ УПРАВЛЕНИЙ**

На фиксированном промежутке времени  $T = [0, t^*]$  рассмотрим задачу оптимального управления с фазовыми ограничениями

$$J(u) = c'x(t^*) \rightarrow \max,$$
$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad x(0) = x_0,$$
$$|u(t)| \leq 1, \quad t \in T.$$

Здесь  $x = x(t) \in R^n$ ,  $u(t) = (u_1(t), \dots, u_r(t))$ ,  $t \in T$ , –  $r$ -мерное управление в момент времени  $t$ ;  $A$  – постоянная  $n \times n$ - матрица,  $B$  – постоянная  $n \times r$ -матрица,  $r > 1$ ;  $H$  – постоянная  $m \times n$ -матрица,  $\text{rank } H = m < n$ ;  $c, g_*, g^* \in R^n$ .

Понятия допустимого, оптимального и субоптимального управления  $u = (u(t), t \in T)$  и соответствующей траектории вводится стандартно.

Формула приращения критерия качества имеет вид:

$$\Delta J(u) = \int_{T_H} \psi'(t) B \Delta u(t) dt,$$

где  $\psi(\cdot) = (\psi(t), t \in T)$  – решение системы

$$\dot{\psi} = -A'(t)\psi, \quad \psi'(t^*) = c' - y' H.$$

Сформулирован критерий оптимальности для исследуемой задачи. На основании полученного критерия оптимальности предложен конструктивный алгоритм. Общая схема алгоритма состоит из двух процедур. С помощью первой процедуры строится приближенное решение задачи оптимального управления и по этому решению идентифи-

цируется структура и вычисляется приближенное значение определяющих элементов.

Далее, находятся значения определяющих элементов, со сколь угодно высокой точностью и по известным параметрам восстанавливается решение исходной задачи. Нахождение параметров осуществляется путем решения специальной системы уравнений методом Ньютона. Проверяются соотношения оптимальности, и в случае их выполнения строится оптимальное управление. В противном случае считается, что начальная информация для процедуры доводки была некачественная. Возвращаемся к первой части алгоритма. Затем, исходя из новой информации, заново осуществляем процедуру доводки.

**Л. С. Абучина, А. С. Максименко**  
(ГГУ им Ф. Скорины, Гомель)

### **ДИСКРЕТНАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ФАЗОВЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ КАК ЗАДАЧА ЛП**

Рассмотрим динамическую систему с фазовыми ограничениями

$$J(u) = c'x(t^*) \rightarrow \max,$$

$$x(t+1) = Ax(t) + bu(t), \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t^*) = g, \quad t \in T_* = \{1, \dots, t^*\}$$

$$\alpha_* \leq d'x(t) \leq \alpha^*, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = \{0, 1, \dots, t^* - 1\}.$$

Здесь  $x(t)$  –  $n$ -вектор состояния системы в момент времени  $t$ ;  $u(t)$ ,  $t \in T$ , – скалярное управляющее воздействие;  $A$ ,  $H$  – постоянные матрицы,  $\text{rank } H = m < n$ ;  $c$ ,  $b$ ,  $g$ ,  $d$  – заданные векторы соответствующих размеров;  $\alpha^*$ ,  $\alpha_*$  – заданные значения.

Понятия допустимого, оптимального и субоптимального управления и соответствующей траектории вводятся стандартно.

Используя формулу Коши получим задачу эквивалентную исходной задаче.

$$\sum_{t \in T} c(t)u(t) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{t \in T} h(t)u(t) = \bar{g}, \quad \bar{\alpha}_* \leq \sum_{t \in T} d(t)u(t) \leq \bar{\alpha}^*, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = \{0, 1, \dots, t^* - 1\},$$

где

$$c(t) = c'F(t^*, t)b, \quad h(t) = HF(t^*, t)b, \quad \bar{g} = g - HF(t^*, -1)x_0,$$

$$\bar{\alpha}_* = \alpha_* - d'F(t, -1)x_0, \quad \bar{\alpha}^* = \alpha^* - d'F(t, -1)x_0, \quad d(t) = d'F(t, \tau)b.$$

Полученная задача совпадает с интервальной задачей ЛП и имеет вид:

$$\bar{c}' \bar{x} \rightarrow \max_x, \quad \bar{b}_* \leq \bar{A} \bar{x} \leq \bar{b}^*, \quad \bar{d}_* \leq \bar{x} \leq \bar{d}^*,$$

где вектор  $\bar{c}$  имеет структуру  $\bar{c} = (c'A^{t^*-t-1}b, t \in T)$ ; матрица  $\bar{A}$  и вектора  $\bar{b}_*$ ,  $\bar{b}^*$  имеют структуру

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} d' A^{t-\tau} & d' A^{t-\tau-1} \\ H A^{t^*} & H A^{t^*-t-1}, t \in T \end{pmatrix}, \quad \bar{b}_* = \begin{pmatrix} \bar{\alpha}_* \\ \dots \\ g \end{pmatrix}, \quad \bar{b}^* = \begin{pmatrix} \bar{\alpha}^* \\ \dots \\ g \end{pmatrix}$$

Вектор  $\bar{x} = (u(t), t \in T)$ . Вектора  $\bar{d}_*$  и  $\bar{d}^*$  имеют вид соответственно  $\bar{d}_* = (-1 \dots -1)$ ;  $\bar{d}^* = (1 \dots 1)$ .

Исходя из этого понятия и конструкции адаптивного метода, решения интервальной задачи ЛП перенесены исходную задачу.

**Н. А. Алёшин, Г. Л. Карасёва**  
 (ГГУ им Ф. Скорины, Гомель)

### ФОРМУЛА ПРИРАЩЕНИЯ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С НЕГЛАДКИМ КРИТЕРИЕМ КАЧЕСТВА

В классе кусочно-непрерывных функций рассмотрим задачу:

$$\max_{t \in T} |d'x(t)| \rightarrow \min$$

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t^*) = g, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = [0, t^*].$$

Здесь  $x = x(t) \in R^n$ ,  $u = u(t) \in R$ ,  $A \in R^{n \times n}$ ;  $H \in R^{m \times n}$ ;  $rank H = m < n$ ,  $b$ ,  $d$  – заданные векторы соответствующих размеров.

Формально исходная задача записана без фазовых ограничений, но имеет негладкий критерий качества. Она эквивалентна задаче оптимального управления с фазовыми ограничениями

$$J(\alpha, u) = -\alpha \rightarrow \max_{\alpha, u}$$

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t^*) = g, \quad |d'x(t)| \leq \alpha, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = [0, t^*].$$

Понятия допустимой, оптимальной и субоптимальной пары  $(\alpha, u(\cdot))$ , где  $u(\cdot) = (u(t), t \in T)$  и соответствующих траекторий вводится стандартно.

Введена совокупность отрезков

$$T_i = [\tau_i, \tau^i], \quad \tau_i \leq \tau^i < \tau_{i+1}, \quad i \in N = \{1, \dots, p\}; \quad N_* = \{i \in N : \tau_i < \tau^i\},$$

$$N_0 = N \setminus N_*, \quad N^+ \cap N^- = \emptyset, \quad N_* = N_*^+ \cup N_*^-, \quad N_*^+ \cap N_*^- = \emptyset.$$

Получена формула приращения критерия качества

$$\Delta J(u) = \left( -1 + \sum_{i \in N^-} \bar{v}_i + \sum_{i \in N^+} \bar{v}_i \right) \Delta \alpha + \int_{T_H} \psi'(t) b \Delta u(t) dt + \sum_{i \in N_0} \bar{v}_i \Delta \omega(\tau_i) +$$

$$+ \sum_{i \in N_*} \left( \frac{\psi'(\tau^i) b}{d' b} \Delta \omega(\tau^i) + \left( \bar{v}_i - \frac{\psi'(\tau_i + 0) b}{d' b} \right) \Delta \omega(\tau_i) + \int_{T_i} \frac{\psi'(t) \bar{A} b}{d' b} \Delta \omega(t) dt \right)$$

Функция  $\psi(\cdot) = (\psi(t), t \in T)$  является решением системы

$$\dot{\psi} = -A'(t)\psi, \quad \psi'(t^*) = c' - y' H, \quad \psi(\tau_i - 0) = \psi(\tau_i + 0) - d \bar{v}_i, \quad i \in N,$$

$$A(t) = A, \quad t \in T \setminus \bigcup_{i \in N_*} T_i, \quad A(t) = ZA, \quad t \in T_i, \quad i \in N_*,$$

где  $y$  – вектор потенциалов терминальных ограничений,  $\bar{v}_i$  – скачки котраектории.

**Е. В. Банюкевич, Ю. М. Вувуникян**

(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

### АСИМПТОТИЧЕСКОЕ СВОЙСТВО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СЛУЧАЯ, КОГДА ПАРАМЕТР РАСТЯЖЕНИЯ СТРЕМИТСЯ К НУЛЮ

Рассматривается вейвлет-преобразование медленно растущих обобщенных функций. Пусть  $S$  пространство Шварца – пространство бесконечно дифференцируемых быстро убывающих комплекснозначных функций,  $S'$  есть пространство всех медленно растущих обобщенных функций.

Вейвлет-преобразование для обобщенной функции медленного роста, то есть для  $f \in S'$  и вейвлета  $\varphi \in S$ , определяется равенством

$$W_\varphi f(a, b) = (f * \varphi_a)(b),$$

где  $\varphi_a \in S$ ,  $\varphi_a = a^{-1} \varphi\left(\frac{t}{-a}\right)$ ,  $a > 0$ ,  $b \in \mathbb{R}$ .

Доказано, что вейвлет-преобразование обобщенных функций медленного роста может быть представлено следующим равенством

$$W_\varphi f(a, b) = \left( \hat{f}(\omega), e^{2\pi i \omega b} \overline{\hat{\varphi}(a\omega)} \right), \quad (1)$$

где  $\hat{f}$  и  $\hat{\varphi}$  – преобразование Фурье функций  $f$  и  $\varphi$  соответственно.

Из представления (1) выводится следующее свойство рассматриваемого вейвлет-преобразования при  $a \rightarrow 0$ .

*Теорема 1.* Пусть  $W_\varphi f$  вейвлет-преобразование функции  $f \in S'$  определенное равенством (1). Тогда существуют такие  $m, k \in \mathbb{N}_0$ , что

$$W_\varphi f(a, b) = O(a^{-2m} |b|^k), \text{ при } a \rightarrow 0, b \in \mathbb{R}.$$

Рассмотрено несколько примеров.

1. Пусть  $W_\varphi \delta_s(a, b)$  – вейвлет-преобразование обобщенной функции  $\delta_s$  (смещенной  $\delta$ -функции). Получена следующая оценка

$$|W_\varphi \delta_s(a, b)| \leq Ca^{-2m} |z|^k = O(a^{-2m} |z|^k).$$

2. Пусть  $W_\varphi \delta^{(r)}(a, b)$  – вейвлет-преобразование обобщенной функции  $\delta^{(r)}$ . Получена следующая оценка

$$|W_\varphi \delta^{(r)}(a, b)| \leq Ca^{-2m} |b|^k = O(a^{-2m} |b|^k).$$

Таким образом, полученные оценки в первом и втором примере соответствуют теореме 1.

**М. С. Белокурский, А. К. Деменчук**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ОТРАЖАЮЩАЯ ФУНКЦИЯ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙНОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**Теорема.** Пусть матрица  $A(t)$  имеет период  $\omega_1$ , а вектор-функция  $f(t)$  – период  $\omega_2$ . Для того чтобы система

$$\dot{x} = A(t)x + f(t), \quad t \in \mathbb{R}, \quad x \in \mathbb{R}^n \quad (1)$$

имела  $\omega_2$ -периодическую по  $t$  отражающую функцию

$$F(t, x) = x + \int_t^{-t} f(s) ds,$$

необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия:

1) *матричнозначная функция  $A(t)$  является нечетной, т. е.  $A(-t) = -A(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}$ ;*

2) *имеет место тождество*

$$A(t) \int_t^{-t} f(s) ds = 0 \text{ для всех } t \in \mathbb{R},$$

3) *справедливо равенство*

$$\int_0^{\omega_2} f(s) ds = 0.$$

**Замечание.** В случае, когда числа  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – несоизмеримы, теорема дает достаточное условие существования у квазипериодической системы (1)  $\omega_2$ -периодической по  $t$  отражающей функции.

### 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.

**Р. В. Беляцкий, Е. И. Паноцкая, А. П. Рябушко, В. И. Юринок**  
(БНТУ, г. Минск)

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ТРЕХ ТЕЛ ПРИ УЧЕТЕ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ

В работе изучаются законы движения тел в космическом пространстве, получены и проинтегрированы дифференциальные уравнения, являющиеся математической моделью движения трех тел при учете светового давления двух звезд на третье тело.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью более точного прогнозирования движения малых тел в Солнечной системе (космических аппаратов и станций, астероидов, метеоритов и т. д.) в связи с интенсивным освоением космоса. Представляет интерес решение следующей задачи. Для системы трех тел – звезда  $A_1$  – звезда  $A_2$  – пробное тело (частица)  $A_3$ , движущихся в плоскости  $xOy$ , найти все точки фотолибрации в случае ограниченной круговой задачи трех



сферических симметричных тел при учете прямого светового (электромагнитного) давления звезд  $A_1$  и  $A_2$  на частицу  $A_3$ . Обозначив через  $\vec{r}_3 = \vec{r}_3(x_3, y_3)$  – радиус-вектор частицы  $A_3(x_3, y_3)$ , её уравнение движения можно записать в векторной форме:  $\vec{r}_3''(t) + \gamma \cdot (m_1 - A_{13}) \cdot \vec{r}_3 / (r_{13})^3 = \gamma \cdot (A_{23} - m_2) \cdot \vec{r}_{23} / (r_{23})^3$ , где  $t$  – время;  $\gamma$  – ньютоновская постоянная тяготения;  $|\vec{r}_{13}| = |\overline{A_1 A_3}|$ ,  $|\vec{r}_{23}| = |\overline{A_2 A_3}|$ ;  $A_{13}$ ,  $A_{23}$  – редуцирующие массы звезд  $A_1$ ,  $A_2$ , характеризующие силу светового давления звезд  $A_1$  и  $A_2$  на частицу  $A_3$  соответственно;  $m_1$ ,  $m_2$  – их массы. Если  $A_{13}=0$  и  $A_{23}=0$ , то световое давление на  $A_3$  не учитывается и уравнение имеет пять решений: три эйлеровы коллинеарные точки либрации  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  и две лагранжевы треугольные точки либрации  $L_4$ ,  $L_5$ . В случае  $A_{13} \neq 0$  и  $A_{23} \neq 0$  доказано, что существует бесчисленное множество коллинеарных точек фотолибрации, заполняющих интервалы на прямой, проходящей через центры масс звезд  $A_1$  и  $A_2$ , а также бесчисленное множество треугольных точек фотолибрации, заполняющих на плоскости область между двумя окружностями, центры которых находятся в точках  $A_1$  и  $A_2$ , а радиусы равны  $r_0 = A_1 A_2$ . Многообразие точек фотолибрации обязано бесчисленному множеству значений параметров  $A_{13}$ ,  $A_{23}$ , зависящих от постоянных звезд  $A_1$ ,  $A_2$  и от «парусности» частиц  $A_3$ . Проведенное исследование в рамках задачи трех тел показывает, что учет прямого светового давления приводит к появлению новых закономерностей движения тел, отсутствующих в ньютоновской небесной механике.

**О. И. Воронич, К. А. Смотрицкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **СВОЙСТВА ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЗАРАНЕЕ ФИКСИРОВАННЫМИ УЗЛАМИ**

Использование интерполяционных функций в качестве аппарата приближения является одним из классических методов теории приближений. Вопросы, связанные с полиномиальным случаем достаточно хорошо изучены (см., например, [1]). Задачи рациональной интерполяции значительно сложнее и менее исследованы. Заметим, что для решения многих задач теории приближений можно эффективно использовать численные эксперименты. Для проведения подобных

исследований целесообразно применять различные системы компьютерной математики (MathCad, Maple, Octave и т. п.).

Целью настоящей работы является написание в среде Maple специальной библиотеки, позволяющей строить интерполяционные рациональные функции Лагранжа на отрезке в случае, когда один или несколько узлов интерполирования заранее фиксируются. Остальные узлы выбираются в нулях специальных рациональных функций – косинус и синус дробей Чебышёва – Маркова. В силу того, что задача нахождения нулей таких функций в общем случае достаточно трудоемка, нами принято решение остановиться лишь на тех случаях, когда их можно вычислить аналитически.

Именно, для того, чтобы задать дроби Чебышёва – Маркова необходимо выбрать набор параметров. В работе рассматриваются случаи, когда эти параметры являются противоположными действительными числами  $a_k = \alpha, a_{k+n} = -\alpha, \alpha \in [0,1), k = 1,2, \dots, n$ , или попарно сопряженными комплексными числами  $a_k = i\alpha, a_{k+n} = -i\alpha, \alpha > 0, k = 1,2, \dots, n$ . Теперь для построения искомой интерполяционной функции достаточно найти нули соответствующей косинус или синус дроби Чебышёва – Маркова и воспользоваться соответствующей формулой (см., например, [2]).

### Литература

- 1 Натансон, И.П. Конструктивная теория функций / И.П. Натансон. – М. – Л. : Гостехиздат, 1949. – 688 с.
- 2 Ровба, Е.А. Рациональное интерполирование в нулях синус-дробей Чебышева – Маркова / Е.А. Ровба, К.А. Смотрицкий // Доклады НАН Беларуси. – 2008. – Т. 52, № 5. – С. 11–15.

**А. С. Зеленая, Д. В. Леоненко**  
(БелГУТ, Гомель)

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОБ ИЗГИБЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ СО СЖИМАЕМЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ**

Ранее в работах [1, 2] было исследовано статическое и динамическое деформирование трехслойного стержня со сжимаемым заполни-

телем. В статье [3] рассмотрен изгиб трехслойной прямоугольной пластины на упругом основании с несжимаемым заполнителем. Здесь выполнена постановка задачи о статическом деформировании прямоугольных трехслойных пластин со сжимаемым заполнителем.

Рассматривается несимметричная по толщине упругая трехслойная прямоугольная пластина, состоящая из двух несущих слоев и сжимаемого заполнителя. Несущие слои предназначены для восприятия основной части механической нагрузки, заполнитель обеспечивает перераспределение усилий между несущими слоями.

Для изотропных несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа. В жестком заполнителе справедливы точные соотношения теории упругости с линейной аппроксимацией перемещений его точек от поперечной координаты  $z$ . На границах контакта перемещения непрерывны. Материалы несущих слоев несжимаемы в поперечном и продольном направлении, в заполнителе учитывается обжатие. Система координат  $x, y, z$  связывается со срединной плоскостью заполнителя. На контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев.

Системы уравнений равновесия пластины в усилиях и перемещениях получены при помощи вариационного принципа Лагранжа.

Системы уравнений равновесия пластины в усилиях и перемещениях получены при помощи вариационного принципа Лагранжа.

### Литература

1 Starovoitov, E.I. Deformation of a three-layer elastoplastic beam on an elastic foundation / E.I. Starovoitov, D.V. Leonenko // *Mechanics of Solids*. – 2011. – Vol. 46, № 2. – P. 291–298.

2 Леоненко, Д.В. Колебания трехслойного стержня под действием импульсных нагрузок различных форм / Д.В. Леоненко // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2004. – Т. 9, № 2. – С. 23–27.

3 Старовойтов, Э.И. Изгиб прямоугольной трехслойной пластины на упругом основании / Э.И. Старовойтов, Е. П. Доровская // *Проблемы машиностроения и автоматизации*. – 2006. – № 3. – С. 21–28.

**Н. Ю. Казлоўская, Я. А. Роўба**  
(ГрДУ імя Я.Купалы, Гродна)

**АБ НАБЛІЖЭННІ ФУНКЦЫІ  $|\sin x|$  РАЦЫЯНАЛЬНЫМІ  
АПЕРАТАРАМІ ФЕЕРА**

Рацыянальныя набліжэнні функцыі  $|\sin x|$  вивучаліся ў рабоце [1], у якой паказана, што раўнамернае набліжэнне функцыі  $|\sin x|$  частковымі сумамі рацыянальных шэрагаў Фур'е істотна лепшае за палінаміальнае ў сэнсе парадку. У дадзенай рабоце даследуюцца набліжэнні функцыі  $|\sin x|$  рацыянальнымі апэратарамі Феера.

Няхай  $\alpha_k, k = 1, 2, \dots, 2n$  – рэчаісныя лікі, якія задавальняюць наступным умовам:  $\alpha_0 = 0, \alpha_{2n-k+1} = -\alpha_k, 0 \leq \alpha_k < 1, k = 1, \dots, n$ . Для адвольнай функцыі  $f \in C_{2\pi}$  вызначым апэратар Феера

$$\Phi_{2n}(x, f) = \left( \int_{-\pi}^{\pi} f(t) D_{2n}^2(t, x) dt \right) / \left( \int_{-\pi}^{\pi} D_{2n}^2(t, x) dt \right),$$

$$D_{2n}(t, x) = \left( \sin \int_x^t \lambda_{2n}(u) du \right) / \left( \sin \frac{x-t}{2} \right),$$

$$\lambda_{2n}(u) = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^n \frac{1 - \alpha_k^4}{(1 + \alpha_k^2)^2 - 4\alpha_k^2 \cos^2 u}.$$

Увядзем абазначэнне  $\varepsilon_{2n}(\alpha, x) = |\sin x| - \Phi_{2n}(x, |\sin x|), x \in \mathbb{R}$ .

Тэарэма. Няхай зададзеныя лікі  $\alpha_k, \alpha_k \in [0, 1), k = 1, 2, \dots$ , такія, што шэраг  $\sum_{k=1}^{+\infty} (1 - |\alpha_k|)$  разбягаецца. Тады праўдзіцца судачыненне

$$\varepsilon_{2n}(\alpha, x) = \frac{4}{\pi \lambda_{2n}(x)} \left( 1 + \cos x \ln \left| \operatorname{tg} \frac{x}{2} \right| \right) + o \left( \frac{1}{\lambda_{2n}(x)} \right), n \rightarrow \infty, x \in (-\pi, 0) \cup (0, \pi).$$

Калі  $x = 0$  ці  $x = \pi$ , то праўдзіцца наступныя няроўнасці

$$\frac{4 \ln \lambda_{2n}(\pi/2)}{\pi \lambda_{2n}(0)} < \varepsilon_{2n}(\alpha, x) < \frac{4(1 + \ln(\pi \lambda_{2n}(0)))}{\lambda_{2n}(0)}.$$

**Літаратура**

1 Ровба, Е. А. О приближении функции  $|\sin x|$  рациональными рядами Фурье / Е. А. Ровба // Мат. заметки. – 1989. – Т. 46. – С. 52–59.

**Е. П. Кечко, А. П. Старовойтов**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## АСИМПТОТИКА ДИАГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ ЭРМИТА – ПАДЕ

Рассмотрим  $\{A_n^p(z)\}_{p=0}^k$  – диагональные многочлены Эрмита – Паде 1-го рода (см. в [1]) для системы экспонент  $\{e^{\tilde{\lambda}_p z}\}_{p=0}^k$ , где  $\{\tilde{\lambda}_p\}_{p=0}^k$  – различные комплексные числа  $|\tilde{\lambda}_0| \leq |\tilde{\lambda}_1| \leq \dots \leq |\tilde{\lambda}_k|$ , лежащие на прямой в комплексной плоскости. Именно, пусть  $\tilde{\lambda}_p = e^{i\alpha} \lambda_p + b$ ,  $0 \leq p \leq k$ , а  $\{\lambda_p\}_{p=0}^k$  – различные действительные числа.

Сформулированная далее теорема является обобщением соответствующего результата из [1]. В её формулировке используются обозначения, принятые в [1].

**Теорема 1.** Для каждого фиксированного  $z \in \mathbb{C}$  и  $n \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} A_n^0(z) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_1) e^{e^{i\alpha}(x_1-\lambda_0)z} (1 + O(1/n)), \\ A_n^p(z) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_{p+1}) e^{e^{i\alpha}(x_{p+1}-\lambda_p)z} (1 + O(1/n)) - \\ &- \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_p) e^{e^{i\alpha}(x_p-\lambda_p)z} (1 + O(1/n)), \quad p = \overline{1, k-1}, \\ A_n^k(z) &= \frac{1}{e^{i(kn+n-1)\alpha}} B_n(x_k) e^{e^{i\alpha}(x_k-\lambda_k)z} (1 + O(1/n)). \end{aligned}$$

### Литература

1 Астафьева, А. В. Аппроксимации Эрмита-Паде экспоненциальных функций / А. В. Астафьева, А. П. Старовойтов // Математический сборник. – 2016. – Т. 207, № 6. – С. 3–26.

**И. С. Ковалева, А. Р. Миротин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ОБОБЩЕННЫЙ ОПЕРАТОР МАРКОВА – СТИЛТЬЕСА В ПРОСТРАНСТВАХ ХАРДИ**

Целью данной работы является перенесение ряда результатов, полученных в [1] для оператора Маркова – Стилтъяеса  $S$ , на случай обобщенного оператора Маркова – Стилтъяеса, зависящего от комплексного параметра  $\alpha$ , в пространствах Харди  $H^p(D)$ .

**Определение.** Пусть  $\alpha \in \tilde{N}$ . Обобщенное преобразование Маркова – Стилтъяеса измеримой функции  $f : (0,1) \rightarrow \mathbb{C}$  задается следующим соотношением

$$S_\alpha f(z) := \int_0^1 \frac{f(t)}{1 - \alpha t z} dt.$$

**Теорема.** 1) При  $|\alpha| < 1$  справедливы следующие утверждения:

а) Обобщенный оператор Маркова – Стилтъяеса  $S_\alpha$  является компактным в  $H^p(D)$ .

б) Обобщенный оператор Маркова – Стилтъяеса  $S_\alpha$  является оператором Гильберта – Шмидта в  $H^2(D)$ , причем

$$\|S_\alpha\|_{H^2 \rightarrow H^2} \leq \left( \int_0^\infty \frac{te^t}{(e^t - |\alpha|^2)(e^t - 1)} dt \right)^{1/2}.$$

2) При  $|\alpha| = 1$  обобщенный оператор Маркова – Стилтъяеса  $S_\alpha$  ограничен в  $H^p(D)$ , причем

$$\|S_\alpha\|_{H^p \rightarrow H^p} \leq \frac{\pi}{\sin \frac{\pi}{\max\{p, q\}}}.$$

3) Обобщенный оператор Маркова – Стилтъяеса  $S_\alpha$  не действует в  $H^p(D)$  при  $|\alpha| > 1$ .

### **Литература**

1 Mirotin, A.R. The Markov–Stieltjes transform on Hardy and Lebesgue spaces / A. R. Mirotin, I. S. Kovalyova // Integral Transforms and Special Functions [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1080/10652469.2016.1247074>. – Date of access: 19.12.2016.

**Е. В. Ковалевская, А. А. Пекарский**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОИЗВЕДЕНИЙ БЛЯШКЕ ОТНОСИТЕЛЬНО СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЕСОВ

Пусть комплексные числа  $\{z_k\}_{k=1}^n$  принадлежат правой полуплоскости  $\Pi = \{z : \operatorname{Re} z > 0\}$ . Тогда рациональная функция  $B_n(z) = \prod_{k=1}^n (z - z_k)/(z + \bar{z}_k)$ , называется произведением Бляшке степени  $n$  для полуплоскости  $\Pi$ .

**Теорема 1[1].** Для любых  $\beta < 0$  и  $n \in \mathbb{N}$  существует произведение Бляшке  $B_n(x)$  для полуплоскости  $\Pi$  с нулями лишь на  $(0,1]$  такое, что

$$\ln^\beta e/x \cdot |B_n(x)| \leq c_1(\beta)n^\beta, \quad 0 < x \leq 1.$$

**Теорема 2[1].** Для любых  $\alpha > 0$ ,  $\beta \in \mathbb{R}$  и  $n \in \mathbb{N}$  существует произведение Бляшке  $B_n(x)$  для полуплоскости  $\Pi$  с нулями лишь на  $(0,1]$  такое, что

$$x^\alpha \ln^\beta e/x \cdot |B_n(x)| \leq c_2(\alpha, \beta)n^{\beta/2} e^{-\pi\sqrt{\alpha n}}, \quad 0 < x \leq 1.$$

Теоремы 1 и 2 применяются для изучения наилучших равномерных приближений функций Маркова. Эти теоремы не улучшаемы в том смысле, что при указанных  $\alpha$  и  $\beta$  полученные оценки являются точными относительно порядка убывания правых частей этих неравенств когда  $n \rightarrow \infty$ . Имеют место следующие теоремы 3 и 4.

**Теорема 3.** Пусть  $\beta < 0$  и  $n \in \mathbb{N}$ . Тогда для любого произведения Бляшке  $B_n(x)$  для полуплоскости  $\Pi$  выполняется неравенство

$$\max_{0 < x \leq 1} (\ln^\beta e/x \cdot |B_n(x)|) \geq c(\beta)n^\beta.$$

**Теорема 4.** Пусть  $\alpha > 0$ ,  $\beta \in \mathbb{R}$  и  $n \in \mathbb{N}$ . Тогда для любого произведения Бляшке  $B_n(x)$  для полуплоскости  $\Pi$  выполняется неравенство

$$\max_{0 < x \leq 1} (x^\alpha \ln^\beta e/x \cdot |B_n(x)|) \geq c(\alpha, \beta)n^{\beta/2} e^{-\pi\sqrt{\alpha n}}.$$

## Литература

1 Ковалевская, Е. В. Построение экстремальных произведений Бляшке / Е. В. Ковалевская, А. А. Пекарский. Веснік ГрГУ ім. Я. Купалы. Сер. 2. Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка, вылічальная тэхніка і кіраванне. – 2017. – Т.7. – № 1.

**Г. И. Костецкий, Д. С. Кузьменков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### РЕШЕНИЕ ПРОСТОЙ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ НА МИНИМАКС АДАПТИВНЫМ МЕТОДОМ

При решении практических задач часто приходится решать выпуклые задачи математического программирования. Выпуклые задачи математического программирования бывают гладкие и негладкие. Особое значение для теории и методов оптимизации имеют кусочно-линейные задачи, целевые функции которых образуются из набора линейных функций при помощи операций взятия максимума, модуля и их сочетания.

Ранее кусочно-линейные задачи на минимакс сводились к линейным задачам с помощью введения дополнительных ограничений. При таком подходе увеличивался размер решаемой задачи. При достаточно больших размерах исходной задачи решать полученную задачу было затруднительно, поэтому и были разработаны методы решения кусочно-линейных задач на минимакс.

Простой кусочно-линейной задачей на минимакс назовем задачу:

$$f(x) = \max_{k \in K} (c'_k x + \alpha_k) \rightarrow \min, \quad d_* \leq x \leq d^*, \quad (1)$$

где  $x = x(J)$ ;  $c_k = c_k(J)$ ;  $d_*$ ;  $d^*$  –  $n$ -векторы;  $\alpha_k$  – скаляр;  $J = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $K = \{1, 2, \dots, \bar{k}\}$ . Задача (1) имеет решение при  $\|d_*\| < \infty$ ,  $\|d^*\| < \infty$ .

Автором был обоснован адаптивный метод решения простой кусочно-линейной задачи на минимакс. Для этого предварительно введены понятия опоры целевой функции, правильной опоры, опорных плана и коплана, получены формулы приращения прямой и двойственной целевых функций, доказаны критерии оптимальности в прямой и двойственной задачах. Доработан алгоритм и создана программа, реализующая адаптивный метод решения рассматриваемой задачи. Программа, реализованная в среде Delphi в виде многооконного



приложения, позволяет считывать и записывать в файл коэффициенты векторов и скаляров. Реализован удобный вывод результатов: отображение оптимального плана, невязок, оценок, опор целевой функции по двум множествам индексов, количества итераций и оптимального значения целевой функции. В программе предусмотрена выдача сообщений о несовместности ограничений прямой задачи и отсутствии у неё планов. Предусмотрена возможность изменения значений скаляров,  $n$ -векторов и их количества без перезапуска программы.

**Е. В. Кузьмина, Е. В. Грицук**  
(БрГУ им. А. С. Пушкина, Брест)

## РЕЗОНАНСНЫЙ МНОГОЧЛЕН УРАВНЕНИЙ ОБОБЩЕННОЙ ИЕРАРХИИ УРАВНЕНИЯ РИККАТИ

Обобщенную иерархию уравнения Риккати можно записать в виде

$$D_R^n w = 0, n = 1, 2, 3, \dots, \quad (1)$$

где оператор  $D_R$  имеет вид

$$D_R = \frac{d}{dz} + \gamma w, \gamma \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Получаем:

$$\text{при } n = 1 \quad w' + \gamma w^2 = 0, \quad (3)$$

при  $n = 2$

$$w'' + \gamma^2 w^3 + 3\gamma w w' = 0, \quad (4)$$

при  $n = 3$

$$w''' + \gamma^3 w^4 + 6\gamma^2 w^2 w' + 4\gamma w w'' + 3\gamma w'^2 = 0, \quad (5)$$

при  $n = 4$

$$w^{(4)} + \gamma^4 w^5 + 10\gamma^3 w^3 w' + 10\gamma^2 w^2 w'' + 15\gamma^2 w w'^2 + 5\gamma w w''' + 10\gamma w' w'' = 0. \quad (6)$$

Можно получить рекуррентное соотношение на резонансный многочлен [2] уравнений обобщенной иерархии уравнения Риккати и доказать теорему.

**Теорема.** Резонансный многочлен уравнений обобщенной иерархии уравнения Риккати имеет вид

$$R_n(c_0, r) = \prod_{j=0}^{m-1} (r + j + 1) \prod_{s=0}^{n-m-1} (r - s - 1). \quad (7)$$

**Доказательство.** В зависимости от  $c_0$ , можно убедиться, например, с помощью пакета символьных вычислений, что рекуррентному соотношению удовлетворяет многочлен (7). Так как, при фиксированном  $c_0$ , резонансный многочлен дифференциального уравнения единственный, то указанный и есть искомый.

### Литература

- 1 Голубев, В. В. Лекции по аналитической теории дифференциальных уравнений / В. В. Голубев. – М. – Л.: ГИТТЛ, 1950. – 436 с.
- 2 Абловиц, М. Солитоны и метод обратной задачи / М. Абловиц, Х. Сигур. – М.: Мир, 1987. – 478 с.

**М. В. Кулагина**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ЗУБЬЕВ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Зубчатые механизмы являются наиболее распространенным в машиностроении и приборостроении видом механических передач. Такие передачи применяют для передачи вращательного движения с одного вала на другой или для преобразования вращательного движения в поступательное и изменение скорости вращения валов.

В настоящее время эвольвентные передачи получили наибольшее распространение. Основным достоинством этих передаточных механизмов, как известно, являются сравнительно небольшие габариты при значительной передаваемой мощности, постоянство передаточного отношения, надежность работы и высокий коэффициент полезного действия.

Передача нагрузки в зубчатой передаче происходит в результате соприкосновения боковых профилей сопряженных зубьев. Под действием сил давления зубья находятся в сложнапряженном состоянии. При этом нагружается и поверхность зубьев (линейный контакт), и весь объем зуба. Поэтому работоспособность передачи оценивается контактной прочностью боковой поверхности зубьев и объемной прочностью зуба при сложном нагружении. Оценка прочности зубьев усложняется действием переменной нагрузки на зуб, изменяющейся по прерывистому пульсирующему циклу.

В данной работе рассматривались два метода – классический (на основе теоремы Кастильяно) и метод конечных элементов. Как было показано в [1] классический метод наиболее предпочтительнее, поскольку метод конечных элементов имеет ряд существенных недостатков: высокая стоимость лицензии, лицензионная привязка к конкретному персональному компьютеру и др.

### Литература

1 Онищенко, В. П. Определение объемной деформации зубьев цилиндрических прямозубых колес / В. П. Онищенко, Б. С. Гураль, Е. Г. Москаленко // Материалы региональной научно-методической конференции «Машиноведение и детали машин», Донецк, 25–25 апреля 2000 г. – Донецк, ДонГТУ, 2002. – С. 93–95.

**А. С. Максименко, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им Ф. Скорины, Гомель)

### СПЕЦИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАК ЗАДАЧА ЛП

На фиксированном промежутке времени  $T = [0, t^*]$  в классе кусочно-непрерывных функций  $u(t)$ ,  $t \in T$ , рассмотрим задачу ОУ

$$c' x(t^*) \rightarrow \max,$$
$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0 \in X = \{x \in R^n : Gx = p, d_* \leq x \leq d^*\},$$
$$Hx(t^*) = g, \quad |u(t)| \leq 1, t \in T.$$

Если в задаче с помощью формулы Коши исключить  $x(t)$ ,  $t \in T$ , то получим задачу линейного программирования в функциональном пространстве управлений:

$$c' F(t^*, 0)x_0 + \int_0^{t^*} c' F(t^*, \tau) b u(\tau) d\tau \rightarrow \max,$$
$$H F(t^*, 0)x_0 + \int_0^{t^*} H F(t^*, \tau) b u(\tau) d\tau = g,$$
$$Gx_0 = p, \quad d_{*j} \leq x_{0j} \leq d_j^*, \quad j = \overline{1, n}, \quad |u(t)| \leq 1, t \in T.$$

В этой задаче имеется бесконечное число переменных  $u(t)$ ,  $t \in T$  и  $m+r$  основных ограничений равенств. С точностью до интегралов и сумм задача совпадает с дискретной задачей ОУ:

$$c'_1 x_0 + \sum_{t \in T} c(t)u(t) \rightarrow \max, \quad H_1 x_0 + \sum_{t \in T} h(t)u(t) = g, \quad Gx_0 = f,$$

$$d_* \leq x_0 \leq d^*, \quad |u(t)| \leq 1, \quad t \in T = \{0, 1, \dots, t^* - 1\}.$$

С точностью до обозначений дискретная задача ОУ совпадает с канонической задачей ЛП, записанной в координатной форме:

$$\bar{c}' z \rightarrow \max, \quad \bar{A} z = \bar{b}, \quad \bar{d}_* \leq z \leq \bar{d}^*, \quad \text{где } z = \{x_0, u(\cdot)\}, \quad u(\cdot) = \{u(t), t \in T\}$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_1 & B(t) \\ G & 0 \end{bmatrix}, \quad \bar{b} = \begin{bmatrix} g \\ p \end{bmatrix}, \quad \bar{d}_* = \begin{bmatrix} d_* \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \bar{d}^* = \begin{bmatrix} d^* \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \bar{c}' = [c'_1 \quad \vdots \quad c(t)]$$

$$A_1 = [H F_j(t^*, 0), j = \overline{1, n}] = H A^{t^*}, \quad B(t) = [H F(t^*, t)b, t \in T] = H A^{t^* - t - 1},$$

$$c_1 = [c' F_j(t^*, 0), j = \overline{1, n}] = c' A^{t^*}, \quad c(t) = [c' F(t^*, t)b, t \in T] = c' A^{t^*},$$

$$G = [G_j, j = \overline{1, n}].$$

Исходя из этого понятия и конструкции адаптивного метода, решения общей задачи ЛП перенесены на задачу ОУ.

**В. Ю. Медведева, Е. А. Ровба**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИИ $\sqrt{1-x^2}$ РЯДАМИ ФУРЬЕ ПО МНОГОЧЛЕНАМ ЧЕБЫШЕВА ВТОРОГО РОДА

Целью работы является получение асимптотической оценки для приближения функции  $\sqrt{1-x^2}$  на отрезке  $[-1; 1]$  частичными суммами ряда Фурье по многочленам Чебышева второго рода.

Пусть

$$\hat{U}_n(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\sin[(n+1)\arccos x]}{\sqrt{1-x^2}}, \quad n = 0, 1, \dots$$

– ортонормированные многочлены Чебышева второго рода [1].

Запишем ряд Фурье для функции  $f(x) = \sqrt{1-x^2}$  на отрезке  $[-1; 1]$ :

$$\sqrt{1-x^2} \sim \sum_{n=0}^{\infty} a_n \hat{U}_n(x),$$

где  $a_n = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_{-1}^1 f(t) \sin[(n+1)\arccost] dt$ ,  $n = 0, 1, \dots$  – коэффициенты Фурье.

Найдём

$$a_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{n+1} \left( \frac{\cos(n-1)\pi - 1}{n-1} - \frac{\cos(n+1)\pi - 1}{n+1} \right), n \in \mathbb{N}, a_0 = \frac{4}{\sqrt{2\pi}}. \text{ Тогда}$$

по теореме [1, с. 111] справедливо равенство

$$\sqrt{1-x^2} = \frac{4}{\sqrt{2\pi}} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin[(2n+1)\arccos x]}{\sqrt{1-x^2}(4n^2-1)}, x \in (-1; 1).$$

Оценим взвешенное равномерное приближение функции  $f(x)$  частичными суммами полученного ряда Фурье. Пусть

$$\varepsilon_n(x) = \sqrt{1-x^2} \cdot |f(x) - S_n(x)|, n = 0, 1, \dots, \text{ где } S_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k \hat{U}_k(x).$$

**Теорема.** Для приближений функции  $f(x) = \sqrt{1-x^2}$  на отрезке  $[-1; 1]$  частичными суммами ряда Фурье справедливо равенство

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n \cdot \max_{x \in [-1; 1]} \varepsilon_n(x) = \frac{2}{\pi}, \text{ причём } \varepsilon_n(x) \leq \frac{2}{\pi}, n \in \mathbb{N}.$$

### Литература

1 Суетин, П. К. Классические ортогональные многочлены. / П. К. Суетин. – М.: Физматлит, 2001. – 480 с.

**А. В. Островская, В. А. Пронько**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ ДВУХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С РАЦИОНАЛЬНЫМИ ПРАВЫМИ ЧАСТЯМИ

Рассмотрим автономную систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x' = \frac{(a_0x^3 + a_1x^2 + a_2x + a_3)y + b_0x^3 + b_1x^2 + b_2x + b_3}{cy + d_0x^3 + d_1x^2 + d_2x + d_3}, \\ y' = \frac{(\alpha_0y^3 + \alpha_1y^2 + \alpha_2y + \alpha_3)x + \beta_0y^3 + \beta_1y^2 + \beta_2y + \beta_3}{\gamma x + \delta_0y^3 + \delta_1y^2 + \delta_2y + \delta_3}. \end{cases} \quad (1)$$

Исключая  $y$  и  $y'$  из системы (1), получим уравнение

$$(\tilde{a}\tilde{d} - \tilde{b}c)x'' = c\tilde{d}'_x x'^3 - (c\tilde{b}'_x + \tilde{a}\tilde{d}'_x - \tilde{d}\tilde{a}'_x)x'^2 - (\tilde{b}\tilde{a}'_x - \tilde{a}\tilde{b}'_x)x' + (cx' - \tilde{a})^2 \frac{\tilde{\alpha}x + \tilde{\beta}}{\gamma x + \tilde{\delta}}, \quad (2)$$

коэффициенты которого определяются коэффициентами системы (1). Согласно Пенлеве анализу дифференциальных уравнений второго порядка с рациональными правыми частями, необходимо, чтобы правая часть уравнения (2) была полиномом по  $x'$  не выше второй степени [1]. Рассмотрим случаи  $E \neq 0$  и  $E = 0$ , где  $E = \gamma c^3 x - \delta_0 \tilde{d}^3 - \delta_1 \tilde{d}^2 c - \delta_2 \tilde{d} c^2 + \delta_3 c^3$ . Для наличия свойства Пенлеве у системы (1) необходимо, чтобы

$$d_0 = 0, \quad d_1 = 0, \quad d_2 = 0, \quad (3)$$

если  $E \neq 0$ ;

$$\delta_0 = 0, \quad \delta_1 = 0, \quad d_2 \delta_2 \neq 0, \quad \delta_2 = \frac{\gamma c}{d_2}, \quad \delta_3 = \frac{\gamma d_3}{d_2}, \quad (4)$$

если  $E = 0$ . В силу симметрии системы (1) и условий (3), (4) получим соответственно условия

$$\delta_0 = 0, \quad \delta_1 = 0, \quad \delta_2 = 0, \quad (5)$$

$$d_0 = 0, \quad d_1 = 0, \quad d_2 \delta_2 \neq 0, \quad d_2 = \frac{\gamma c}{\delta_2}, \quad d_3 = \frac{c \delta_3}{\delta_2}. \quad (6)$$

Исследуя совместность полученных условий, имеем, что справедлива.

**Теорема 1.** *Для того чтобы система (1) имела свойство Пенлеве, необходимо, чтобы выполнялись соотношения (3), (5) или (4), (6).*

## Литература

1 Айнс, Э. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Э. Л. Айнс. – Харьков : ГНТИУ, 1939. – 719 с.

**В. И. Поливко, К. А. Смотрицкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## НЕКОТОРЫЕ ФУНКЦИИ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ И РАЦИОНАЛЬНЫХ РЯДОВ ФУРЬЕ

Различные системы ортогональных функций играют важнейшую роль в теории приближений. В настоящее время активно развивается теория рациональной аппроксимации. Поэтому проблема построения рациональных ортогональных систем функций является достаточно актуальной.

В случае приближения полиномами важнейшую роль играют многочлены Чебышёва первого и второго рода [1]. В рациональном случае одним из их обобщения являются косинус и синус дроби Чебышёва – Маркова [2]. Однако, в отличие от классических полиномов Чебышёва они не обладают свойством ортогональности.

В настоящей работе показывается, что возможно подобрать весовую функцию таким образом, чтобы синус дроби Чебышёва – Маркова уже бы образовывали ортогональную систему.

Пусть  $a \in [0,1)$ . Для  $n = 0,1,2, \dots$  рассмотрим следующие функции

$$N_n(x) = \sin \left[ (n+1) \arccos \frac{x+a}{1+ax} \right] \frac{1+ax}{\sqrt{1-x^2} \sqrt{1-a^2}}, \quad -1 \leq x \leq 1. \quad (1)$$

**Теорема.** Система рациональных синус дробей Чебышева – Маркова  $\{N_n(x)\}$ , является ортогональной на отрезке  $[-1,1]$  с весом

$$h(a, x) = \frac{\sqrt{1-x^2} (1-a^2)^{\frac{3}{2}}}{(1+ax)^3}, \quad x \in [-1; 1]$$

в смысле

$$I_{nm} = \int_{-1}^1 N_n(x) N_m(x) h(x, a) dx = \begin{cases} 0, & m \neq n, \\ \frac{\pi}{2}, & m = n > 0. \end{cases}$$

Очевидно, что если  $a = 0$ , то  $N_n(x)$  представляют собой многочлены Чебышёва второго рода, а  $h(0, x) = h(x) = \sqrt{1-x^2}$  – соответствующий чебышёвский вес.

### Литература

1 Суэтин, П. К. Классические ортогональные многочлены / П. К. Суэтин. – М. : Физматлит. 2005. – 480 с.

2 Марков А. А. Избранные труды / А. А. Марков. – М. : Гостехиздат. 1948. – 412 с.

**А. В. Путято, К. А. Смотрицкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЕ РАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

Задача построения квадратурных формул является актуальной проблемой теории приближений. Полиномиальные квадратурные

формулы достаточно хорошо изучены [1]. Что же касается рационального случая, то следует отметить, появление большого количества работ в последнее время [2]. Однако в этом случае вычислительный процесс значительно усложняется тем, что нули специальных рациональных функций (узлы квадратурных формул) не вычисляются в явном виде. В настоящей работе сделана попытка решения этой проблемы. Именно рассматриваются частные случаи рациональных функций Чебышёва – Маркова, которые позволяют аналитически найти их корни.

Пусть  $a_k = i\alpha, a_{k+n} = -i\alpha, \alpha > 0, k = 1, 2, \dots, n$ . В этом случае, косинус-дробь Чебышёва – Маркова определяется следующей формулой:

$$M_{2n}(x) = \cos\left(n \operatorname{arccos} \frac{2x^2 + \alpha^2 x^2 - 1}{1 + \alpha^2 x^2}\right), \quad n \in \mathbb{N}.$$

Несложно найти, что функция  $M_{2n}(x)$  имеет  $2n$  вещественных корней, определяемых по формуле:

$$x_k = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos \theta_k}{2 + \alpha^2 (1 - \cos \theta_k)}}, \quad \theta_k = \frac{(2k - 1)\pi}{2n}, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

В работе изучаются рациональные интерполяционные квадратурные формулы, в качестве узлов которых выбираются числа  $x_k, k = 1, 2, \dots, n$ . Показана эффективность таких формул по сравнению полиномиальными аналогами. Изучены также некоторые другие случаи выбора параметров  $a_k$ .

### Литература

- 1 Натансон, И. П. Конструктивная теория функций / И. П. Натансон. – М. – Л: Гостехиздат. 1949. – 688с.
- 2 Rouba, Y. Rationalquasi-Hermite-Fejer-typeinterpolationand-Lobatto-typequadratureformulawithChebyshev-Markovnodes / Y. Rouba, K. Smatrytski, Y. Dirvuk // Jaen Journal on Approximation. – 2015. – V. 7(2). – P. 291–308.



**М. В. Сидорцов, А. А. Драпеза**  
 (ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## АППРОКСИМАЦИИ ЭРМИТА–ПАДЕ ВЫРОЖДЕННЫХ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Рассмотрим набор вырожденных гипергеометрических функций

$$F_\gamma^j(z) = {}_1F_1(1, \gamma; \lambda_j z) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\lambda_j^p}{(\gamma)_p} z^p, \quad j = 1, 2, \dots, k$$

где  $\gamma$  – произвольное комплексное число, принадлежащее множеству  $C \setminus \{0, -1, -2, \dots\}$ ,  $(\gamma)_0 = 1$ ,  $(\gamma)_p = \gamma(\gamma+1)\dots(\gamma+p-1)$  – символ Похгаммера, а  $\{\lambda_j\}_{j=1}^k$  – различные комплексные числа не равные нулю.

При  $\gamma = 1$  данный набор представляет собой систему экспонент  $\{e^{\lambda_j z}\}_{j=1}^k$  [1].

В данной работе устанавливаются асимптотики равномерной сходимости диагональных аппроксимаций  $\pi_{kn, kn}^j(\cdot; F_\gamma^j)$  к функции  $F_\gamma^j$  при  $n \rightarrow \infty$  в том случае, когда числа  $\{\lambda_j\}_{j=1}^k$  равномерно распределены на единичной окружности, т.е. являются корнями уравнения  $\lambda^k = 1$  [2].

Справедливы следующие теоремы.

**Теорема 1.** При  $n \rightarrow \infty$  равномерно на любом компакте из  $C$ , тогда при  $k=1$   $P_n(z; F_\gamma) \rightarrow F_\gamma(z)e^{-\frac{z}{2}}$ , а при  $k \geq 2$   $P_{kn}^j(z; F_\gamma^j) \rightarrow F_\gamma^j(z)$ .

**Теорема 2.** При любом фиксированном  $z$  и  $n \rightarrow \infty$

$$R_{n, kn}^j(z; F_\gamma^j) = (-1)^n x_1^{\gamma-1} \lambda_j^{n+1} B_n \frac{z^{kn+n+1}}{(\gamma)_{kn+n}} e^{\lambda_j(1-x_1)z} (1 + O(1/n)), \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{где } B_n = \sqrt{\frac{2\pi}{nS''(x_1)}} e^{nS(x_1)} = \sqrt{\frac{2\pi}{n^k \sqrt{(k+1)^{k+2}}} \left( \frac{k}{\sqrt{(k+1)^{k+1}}} \right)^n}$$

**Теорема 3.** При любом фиксированном  $z$  и  $n \rightarrow \infty$

$$F_\gamma^j(z) - \pi_{kn, kn}^j(z; F_\gamma^j) = (-1)^n x_1^{\gamma-1} \lambda_j^{n+1} B_n \frac{z^{kn+n+1}}{(\gamma)_{kn+n}} e^{\lambda_j(1-x_1)z} e^{\frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{k+1} z} (1 + O(1/n)), \quad j = 1, 2, \dots, k$$

### Литература

1 Никишин, Е. М. Рациональные аппроксимации и ортогональность / Е. М. Никишин, В. Н. Сорокин. – М.: Наука, 1988.

2 Старовойтов, А. П. Асимптотика квадратичных аппроксимаций Эрмита-Паде экспоненциальных функций / А. П. Старовойтов // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 1(18).

Д. Ю. Синиченко  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ОБ ИНТЕГРАЛЬНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЯХ НА ПОЛУОСИ

В работе рассматривается оператор вида

$$(Ax)(s) = \int_0^{\infty} \frac{x(s-t) - x(s)}{t^{\alpha}} k(t) dt.$$

**Определение.** Функция  $I(p) = \int_0^{\infty} \frac{k(t)}{t^{\alpha}} (e^{-pt} - 1) dt$ , если интеграл существует, называется символом интегрального оператора  $A(t \geq 0)$ .

**Теорема 1.** Пусть функция  $\frac{k(t)}{t^{\alpha}}$  интегрируема на  $\mathbf{R}_+$  и существует символ интегрального оператора  $A$ ,  $I(p) \neq 0$  и  $t \geq 0$ .

Тогда для любой функции  $f$  из  $L^1(\mathbf{R}_+)$  уравнение

$$\int_0^{\infty} \frac{x(s-t) - x(s)}{t^{\alpha}} k(t) dt = f(s)$$

имеет в пространстве  $L^1(\mathbf{R}_+)$  единственное решение

$$x(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_0^{\infty} \frac{F(p)}{I(p)} e^{pt} dp.$$

**Теорема 2.** Если  $k_{\alpha}(t) := \frac{k(t)}{t^{\alpha}} \in L^1(\mathbf{R}_+)$ , а  $t \geq 0$ , то оператор  $A$  ограничен в пространстве Гёльдера  $Lip_{\alpha}(\mathbf{R}_+)$ , и его норма удовле-

творяет неравенству  $\|A\| \leq (\int_0^{\infty} |k(t)| dt + 2 \int_0^{\infty} \frac{|k(t)|}{t^{\alpha}} dt) \|x\|$ .

**Н. А. Шейко, Е. А. Ровба**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## ОЦЕНКА ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ

Поиск точных методов представления сложных функций, полиномами либо другими более простыми функциями, играет немаловажную роль в математике, так как, найдя такое приближение, мы можем изучать свойства и поведение функций, работая не с ними непосредственно, а с их приближением.

Конкретная оценка приближения всегда вызывала интерес у математиков. Первым наиболее ярким и значимым выводом в этом направлении является вывод С.Н.Бернштейна о приближении функции  $|x|$  алгебраическими полиномами на отрезке  $[-1;1]$ .

В моей работе я нахожу ряд Фурье-Чебышева для функции  $f(x) = \begin{cases} 0, x \in [-1; 0] \\ ax, x \in [0; 1] \end{cases}$ ,  $a \in R$ , а так же оцениваю приближение его частичными суммами. Таким образом  $f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} C_n \overline{T(x)}_n$ , где  $C_n$ -коэффициенты Фурье, а  $\overline{T(x)}_n$ -ортогональный многочлен Чебышева 1-го рода.

В ходе расчётов получаем что коэффициенты Фурье равны:  $C_m = -\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{a(-1)^m}{4m^2-1}$ ,  $C_0 = a\sqrt{\frac{1}{2\pi}}$  и  $C_1 = a\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}$ . В итоге ряд Фурье-Чебышева для моей функции имеет вид:

$$a\frac{1}{\pi} + \frac{ax}{2} - \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^{+\infty} \frac{a(-1)^m}{4m^2-1} \cos 2m \arccos x$$

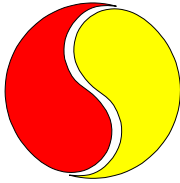
Далее произведя оценку приближения получаем, что

$$\varepsilon = \max_{-1 \leq x \leq 1} |f(x) - S_n(x)| = \frac{2a}{\pi} \sum_{m=[n/2]+1}^{+\infty} \frac{1}{4m^2-1}$$

После чего произведя преобразование и перейдя к пределу получаем, что  $\max_{-1 \leq x \leq 1} |f(x) - S_n(x)| = \frac{2a}{\pi} \frac{1}{2[n/2]+1}$ , и поднеся в предел получаем значение  $\lim_{n \rightarrow \infty} n \max_{-1 \leq x \leq 1} |f(x) - S_n(x)| = \frac{2a}{\pi}$ , что является точным значением данного приближения.

### **Литература**

- 1 Натансон, И. П. Конструктивная теория функций / И. П. Натансон. – М.: Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 199 с.
- 2 Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 3 / Г. М. Фихтенгольц. – М.: Физматлит, 2005. – 684 с.



**АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ  
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В МАТЕМАТИКЕ**  
*Теория вероятностей и  
математическая статистика,  
теория массового обслуживания*

**В. Г. Алейникова, А. О. Галицкая, М. А. Матальцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТОЙ СЕТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ  
С ОГРАНИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ ЗАЯВОК И СЛУЧАЙНЫМ  
ВРЕМЕНЕМ ОЖИДАНИЯ ИХ В ОЧЕРЕДЯХ**

Исследуем открытую сеть, состоящую из  $n$  систем (СМО), с однотипными заявками, общее число которых ограничено константой  $K$ . Пусть  $S_0$  – внешняя среда. Обозначим через  $P = \|p_{ij}\|$  матрицу вероятностей переходов между СМО,  $0 \leq p_{ij} \leq 1$ ,  $\sum_{j=0}^n p_{ij} = 1$ ,  $i, j = \overline{0, n}$ . Предположим, что система  $S_i$  имеет  $m_i$  линий обслуживания, обслуживающих заявки по показательному закону с интенсивностью  $\mu_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . В систему  $S_1$  поступает простейший поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ . Заявка, завершающая обслуживание в системе  $S_1$ , с вероятностью  $p_{1j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , переходит в систему  $S_j$  или с вероятностью  $p_{10}$  покидает сеть,  $\sum_{j=0}^n p_{1j} = 1$ . Длительность пребывания заявок в очереди  $i$ -ой СМО является случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону с параметром  $\nu_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Заявка, время ожидания которой в очереди системы  $S_i$  истекло, переходит в очередь системы  $S_j$  с вероятностью  $q_{ij}$ ,  $0 \leq q_{ij} \leq 1$ ,  $\sum_{j=0}^n q_{ij} = 1$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{0, n}$ . Состояние сети определяется вектором

$$k(t) = (k_1(t), k_2(t), \dots, k_n(t)), \quad (1)$$

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

Основная задача исследования – асимптотический анализ марковского процесса (1) при условии большой загрузки сети заявками. Выведено дифференциальное уравнение (ДУ) в частных производных, являющееся уравнением Колмогорова – Фоккера – Планка для плотности распределения вероятностей процесса (1). Получена система обыкновенных линейных ДУ первого порядка для средних значений компонент вектора состояния сети.

**С. А. Дудко, М. А. Матальцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **АСИМТОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАРКОВСКОЙ СЕТИ МО С ОДНОТИПНЫМИ ЗАЯВКАМИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ**

Рассмотрим модель, которая может быть применена для решения задачи оптимизации функционирования бригады настройщиков узла связи. Моделью является замкнутая сеть массового обслуживания с центральной системой. Обозначим через  $K$  – число устройств, настройку которых осуществляют  $L_1 = n - 1$  настройщиков узла связи, которые занимаются: настройкой и подключением к работе различных устройств, ремонтом телефонной линии, устранением неполадок телефона у жителей и организаций района. Каждое из устройств может находиться в одном из следующих состояний:  $C_0$  – не требующем настройки (рабочее состояние),  $C_1$  – требующем настройки,  $C_2$  – устройство настроено, но не подключено к работе. Вероятность перехода устройства из состояния  $C_0$  в состояние  $C_1$  на интервале времени  $[t, t + \Delta t]$  равна  $\mu_0(t)\Delta t + o(\Delta t)$ , где  $\mu_0(t)$  – интенсивность такого перехода. Времена восстановления устройства и времена между переходами его из состояния  $C_1$  в состояние  $C_0$  распределены по показательному закону с различными параметрами. Будем предполагать, что сеть в момент времени  $t$  находится в состоянии  $k(t) = (k_1(t), k_2(t))$ , если в этот момент времени  $k_1(t)$  устройств находятся в нерабочем состоянии по причине выхода их из строя, а  $k_2(t)$  устройств находятся в состоянии  $C_2$ . Введем следующие стоимостные коэффициенты:  $D_0$  – прибыль от работы одного рабочего устройства в единицу времени;  $D_i$  – потери от простоя одного устройства, когда оно

находится в состоянии  $C_i$ ;  $E_i$  – стоимость содержания одного настройщика в единицу времени (заработная плата, стоимость необходимого для настройки оборудования). Задача оптимизации числа настройщиков сводится к задаче минимизации функционала:

$$W(T) = W(T, n) = \frac{1}{T} \int_0^T [K \sum_{i=1}^2 d_i n_i(t) + E_i l_i] dt,$$

где  $d_i = D_0 + D_i$ ,  $n_i(t) = M\{k_i(t) / K\}$ ,  $l_i(t) = M\{L_i / K\}$ ,  $i = 1, 2$ .

**Д. Я. Копать, М. А. Матальцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **АНАЛИЗ G-СЕТИ СО СЛУЧАЙНЫМ ВРЕМЕНЕМ ОЖИДАНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАЯВОК И ДОХОДАМИ**

Рассматривается марковская G-сеть массового обслуживания с положительными и отрицательными заявками и доходами. В сеть поступают два простейших потока положительных и отрицательных заявок. Обслуживания требуют только положительные заявки. Время ожидания заявок в каждой системе ограничено случайными величинами, имеющими показательное распределение с различными параметрами. Отрицательная заявка, время ожидания в системе которой закончилось, уменьшает количество положительных заявок в системе на единицу, если такие есть в системе. Найдены вероятности состояний сети, зависящие от времени, и среднее число заявок в системах сети, также зависящего от времени.

Для нестационарных вероятностей состояний сети выведена система разностно-дифференциальных уравнений Колмогорова. Предложена методика нахождения вероятностей состояний и ожидаемых доходов исследуемой сети. Найдены дисперсии доходов систем такой сети в случае, когда доходы от переходов между состояниями сети являются случайными величинами с заданными средними значениями, моментами первого и второго порядка.

Рассматриваемая G-сеть может быть применена при моделировании функционирования информационных систем и сетей, когда при передаче запроса часто устанавливается перерыв или пауза, истечение которой означает, что передача запроса не укладывается в планируемый интервал времени, после чего запрос (положительная заявка) удаляется из

очереди. Отрицательные заявки, рассматриваемой модели могут описывать компьютерные вирусы, которые начинают действовать через случайное время и уничтожать запросы в системе.

**Т. С. Рудькова, С. Г. Ехилевский**  
(ПГУ, Новополоцк)

## СХЕМА БЕРНУЛЛИ КАК СЛУЧАЙНЫЙ ПРОЦЕСС

Вероятность  $m$  успехов в  $n$  независимых испытаниях определяется формулой Бернулли [1]:

$$P(n, m) = C_n^m p^m (1-p)^{n-m}. \quad (1)$$

Для больших  $n$  вычисление  $C_n^m$  становится проблемой. Чтобы это обойти используют предельные теоремы Лапласа, которые, не всегда обеспечивают требуемую точность. Также, если  $n$  растет, схему Бернулли можно рассматривать как случайный процесс с дискретным временем. Поэтому, можно выяснить асимптотику процесса, обусловленную асимметриями и эксцессами закона распределения.

Вся информация о законе распределения  $m$  содержится в начальных моментах:

$$\nu_k(n) = \sum_{m=0}^n m^k \cdot P(n, m), \quad (k = 0, 1, \dots). \quad (2)$$

Исследуем асимметрии и эксцессы  $m$ , чтобы определить асимптотику процесса:

$$A_{2k-1}(n, p) = \sum_{l=1}^{k-1} \frac{f_{2l-1, 2k-1}(p)}{\sigma(n)^{2l-1}}, \quad E_{2k}(n, p) = \sum_{l=1}^{k-1} \frac{f_{2l, 2k}(p)}{\sigma(n)^{2l}}. \quad (3)$$

Согласно (2), (3) при  $n \rightarrow \infty$  асимметрия и эксцесс исчезают, что характерно для асимптотически гауссовского процесса.

Выясним вклад асимметрий и эксцессов произвольных порядков. И получим, что старшая степень полиномов равна количеству линейно независимых уравнений, получаемых для вычисления  $C_{l,i}$ :

$$\varphi_{2l-1}(x) = \sum_{i=0}^l x^{2i+1} C_{2l-1, 2i+1}, \quad \varphi_{2l}(x) = \sum_{i=0}^{l+1} x^{2i} C_{2l, 2i}, \quad (l = 1, 2, \dots), \quad (4)$$

$$\frac{\mu_k(n)}{\sigma(n)^k} = \sum_{m=0}^n x(n, m)^k \cdot P_0(n, m) \left( 1 + \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\varphi_l(x(n, m))}{\sigma(n)^l} \right), \quad (k = 0, 1, \dots). \quad (5)$$

Поэтому для нечетных полиномов имеем:



$$C_{2l-1,2i+1} = \frac{f_{2l-1,2l+1}(p)}{\rho(l)} \cdot \frac{(-1)^{i+l} C_l^i}{\omega(i+1)}, \quad \left( \begin{array}{l} l = 1, 2, \dots \\ i = 0, 1, \dots, l. \end{array} \right), \quad \rho(l) = 2 \cdot 4 \cdot \dots \cdot 2l. \quad (6)$$

Тогда для четных полиномов:

$$C_{2l,2i} = \frac{f_{2l,2(l+1)}(p)}{\rho(l+1)} \cdot \frac{(-1)^{i+l+1} C_{l+1}^i}{\omega(i)}. \quad \left( \begin{array}{l} l = 1, 2, \dots \\ i = 0, 1, \dots, l+1. \end{array} \right). \quad (7)$$

В результате, относительная погрешность асимптотической формулы неограниченно возрастает и пользоваться ею нельзя.

## Литература

1 Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по тв и мс / В. Е. Гмурман. – М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1975. – 334 с.

**К. М. Синиченко**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ОДНОРОДНОСТЬ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ «ТЕКСТОВЫЕ ЗАДАЧИ НА ДВИЖЕНИЕ ПО ВОДЕ»

Для исследования однородности и валидности разработанных тестовых заданий по теме «Текстовые задачи на движение по воде» было проведено пробное тестирование в средней школе № 8 г. Гомеля (7 класс) и в городском лицее г. Речицы (10 класс). Результаты тестирования оценивались по десятибалльной системе, по 1 баллу за каждое выполненное верно задание. На рисунке 1 приведена гистограмма частот индивидуальных тестовых баллов оценок, обучающихся в лицее и в средней школе. По оси абсцисс отложены баллы, а по оси ординат – соответствующие частоты.

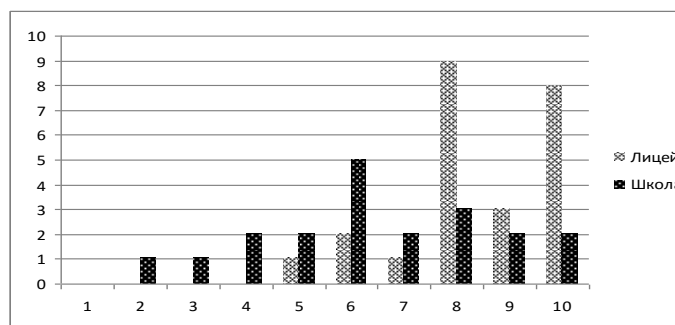


Рисунок 1 – Гистограмма частот

Полученный разброс оценок в средней школе №8 показывает, что составленные тесты корректны для обучающихся на базовом уровне. Поскольку основная часть заданий была репродуктивного уровня, то этим и объясняется наблюдаемое смещение частот полученных баллов на тестировании в сторону увеличения в лицее. Следовательно, определенлся возрастной диапазон применения этих тестов. Для дальнейшего исследования полученных результатов осуществлено их двоичное кодирование: задание решено верно – 1, задание решено не верно – 0. Поскольку выборка слишком мала (44 обучающихся), то воспользуемся непараметрическим методом статистического исследования: критерием  $\chi^2$ . Наблюдаемое значение статистики в средней школе равно  $\chi_{набл}^2 = 31,75$ ,  $\chi_{кр}^2 = 16,92$ . Так как,  $\chi_{набл}^2 > \chi_{кр}^2$  можно говорить о хорошем качестве составленного теста для 7 класса. Для лицейстов  $\chi_{набл}^2 = 7,88$ . Так как  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2$ , можно говорить о том, что составленный тест не подходит как тест учебных достижений для 10 класса. Таким образом, разработанные тесты являются тестами рубежного контроля знаний на базовом уровне обучения.

**Д. А. Смольский, А. А. Санько**  
(БГАА, Минск)

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Анализ отечественных и зарубежных публикаций показывает, что вопросам контроля технического состояния газотурбинного двигателя (далее – ГТД) в эксплуатации придается большое значение [1–3]. При этом требуется не только констатировать факт наличия неисправности, но и выявить ее на ранней стадии и спрогнозировать ее развитие.

В процессе исследований проведен анализ эффективности существующих методов трендового контроля и прогнозирования технического состояния вертолетного ГТД по амплитудам его виброускорения, регистрируемых в диапазоне частот вращения ротора турбокомпрессора.

Наилучшие результаты по прогнозированию значений диагностического признака (далее – ДП) при тренде параметров вибрации ГТД, получены с использованием метода скользящего среднего и многослойной

нейронной сети с числом нейронов в скрытом слое  $m \approx 10$  (средняя абсолютная ошибка и ошибка прогноза не превышает 10 %). Наиболее приспособленным для реализации трендового контроля ДП (при скачке параметров вибрации и тренде параметров вибрации) ГТД, является интегральный критерий. Он обладает достаточной точностью по отношению к  $t$  – критерию Стьюдента,  $r$  – критерию Хальда-Аббе, критерию Кокса – Стьюарта и критерию Хартли, и имеет относительную простоту вычисления по отношению к  $F$  – критерию и критерию знаков Диксона и Муда.

### Литература

1 Петров, А. А. Исследование эффективности методов прогнозирования технического состояния газотурбинного привода / А. А. Петров // Вестник УГАТУ, 2011. – № 4. – С. 3–9.

2 Садыхов, Р. А. Оценка технического состояния авиационного газотурбинного двигателя с применением SOFT COMPUTING / Р. А. Садыхов // Авиационно-космическая техника и технология. Информационные технологии. – 2008 – № 9. – С. 201–205.

3 Технические средства диагностирования. Справочник / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.; под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

**А. В. Чабан, М. А. Маталыцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ПРИМЕНЕНИЕ НМ-СЕТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОВАРОВ ПО ПУНКТАМ РЕАЛИЗАЦИИ**

Рассмотрим открытую сеть массового обслуживания с центральной системой. Центральной системой является само предприятие, а периферийными системами – поставщики и пункты продажи продукции клиентам. Под заявками сети будем рассматривать товарно-транспортные накладные, а также чеки для расчета с клиентами; линиями обслуживания являются материально ответственные лица, которые исполняют роль кассира.

Для каждого директора фирмы одной из важных задач является получение наибольшей прибыли. Для этого необходимо решить задачу

оптимизации, которая позволяет оптимально распределить товар, который она реализует по точкам сбыта так, чтобы доход был максимальным. В терминах НМ-сетей при решении данной задачи оптимизации необходимо максимизировать доход центральной системы (фирмы) при выполнении ряда ограничений. Задачу оптимизации за время  $T$  можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{cases} W_c(p_{c1}, \dots, p_{cn}, t) = \frac{1}{T-t_0} \int_0^T v_c(p_{c1}, \dots, p_{cn}, t) dt \rightarrow \max_{p_{c1}, \dots, p_{cn}}, \\ 0 \leq p_{ci} \leq 1, i = \overline{1, n}, \\ p_{cc} = 0, \\ \sum_{i=1}^n p_{ci} = 1, \end{cases}$$

где  $n$  – число систем массового обслуживания,  $c$  – номер центральной системы,  $v_c(t)$  – ожидаемый доход центральной системы  $S_c$  за время  $t$ ,  $p_{cj}$  – вероятность того, что заявка после обслуживания в системе  $S_c$  поступит в систему  $S_j$ .

Данная задача является задачей нелинейного программирования. Для её решения используется метод множителей Лагранжа.

**А. А. Шестовицкий, М. А. Матальцкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ**

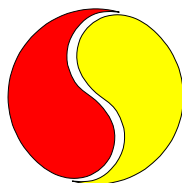
Рассмотрим открытую экспоненциальную сеть массового обслуживания с доходами, которая служит моделью прогнозирования ожидаемых доходов оздоровительного учреждения санаторного типа, сразнотипными заявками и многолинейными системами. В данной сети системами являются отделения учреждения, занимающиеся предоставлением услуг пациентам, заявками – пациенты, линиями обслуживания – работники отделений.

Важной задачей функционирования любого учреждения, является получение наибольшей прибыли. Для этого необходимо решить задачу оптимизации, которая позволяет оптимально распределить пациентов, по отделениям и врачам учреждения, чтобы доход был максимальным, а затраты минимальными. Задачу оптимизации за время  $T$  можно сформулировать следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} W(T, m) = W(T, m_1, \dots, m_n) = \\ = \frac{1}{T - t_0} \int_{t_0}^T \sum_{i=1}^n \sum_{c=1}^r \left( v_i(t) - \sum_{c=1}^r d_{ic} N_{ic}(t) - E_i m_i \right) dt \rightarrow m_1, m_2, \dots, m_n, \\ m_i \leq M_i, i = \overline{1, n}, \end{array} \right.$$

где  $n$  – число систем массового обслуживания,  $M_i$  – некоторые заданные целые числа,  $N_{ic}(t)$  – среднее число заявок типа  $c$  в  $i$ -ой СМО за время  $t$ ,  $v_i(t)$  – ожидаемый доход системы  $S_i$  за время  $t$ ,  $d_{ic}$  – затраты на содержание одной заявки типа  $c$  в  $i$ -ой СМО,  $E_i$  – стоимость и затраты на содержание одной линии обслуживания (зарплата работникам, содержание оборудования),  $i = \overline{1, n}$ ,  $c = \overline{1, r}$ .

Данная задача является задачей целочисленного программирования, она решалась методом полного перебора.



**АНАЛИТИЧЕСКИЕ  
И ЧИСЛЕННЫЕ  
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В МАТЕМАТИКЕ**  
*Алгебра и геометрия*

---

**D. M. Hydyrov, A. F. Vasil'ev**  
(GSU F. Skaryna, Gomel)

**ON FINITE GROUPS WITH X-ABNORMAL SUPERSOLUBLE  
SUBGROUPS OF PAIRWISE RELATIVELY PRIME INDICES**

В работе исследуются конечные группы заданной системы обобщенно-абнормальных сверх разрешимых подгрупп, имеющие попарно взаимно простые индексы.

We consider only finite groups. Recall that a subgroup  $H$  of a group  $G$  is abnormal in  $G$ , if  $x$  belongs to  $\langle H, H^x \rangle$  for every element  $x$  of  $G$ .

**Definition.** A subgroup  $H$  of a group  $G$  we will call  $X$ -abnormal in  $G$  if for every normal subgroup  $N$  of  $G$  such that  $HN \neq G$  follows  $HN$  is contained in a proper abnormal subgroup of  $G$ . Denoted  $H \text{ xabn } G$ .

Clearly, any abnormal subgroup is  $X$ -abnormal. The converse is not true. The subgroup  $H = \langle (12) \rangle$  of the symmetric group  $S_4$  is  $X$ -abnormal, but not is abnormal in  $S_4$ .

**Theorem.** Let  $G$  be a group,  $A$ ,  $B$ , and  $C$  supersoluble  $X$ -abnormal subgroups of pairwise relatively prime indices in  $G$ . Then  $G$  is supersoluble.

**Corollary 1** [1]. Let  $G$  be a group,  $A$ ,  $B$ , and  $C$  supersoluble abnormal subgroups of pairwise relatively prime indices in  $G$ . Then  $G$  is supersoluble.

A subgroup  $H$  of a group  $G$  is called subabnormal in  $G$  if there exists an ascending chain:

$$H = H_0 \leq H_1 \leq \dots \leq H_n = G$$

such that each  $H_{i-1}$  is an abnormal subgroup of  $H_i$  for every  $i \in 1, \dots, n$ .

**Corollary 2.** Let  $G$  be a group,  $A$ ,  $B$ , and  $C$  supersoluble subabnormal subgroups of pairwise relatively prime indices in  $G$ . Then  $G$  is supersoluble.

A subgroup  $H$  of a group  $G$  is called contranormal in  $G$  if the normal closure  $H^G$  is equal to  $G$ .

**Corollary 3** [1]. Let  $G$  be a group,  $A$ ,  $B$ , and  $C$  supersoluble contranormal subgroups of pairwise relatively prime indices in  $G$ . Then  $G$  is supersoluble.

## References

1 Vasil'ev, A.F. Recursively recognizable formations of finite groups/  
A.F.Vasil'ev, T.I. Vasil'eva // Problems of Physics, Mathematics and Tech-  
nique. – 2009. – № 1(1). – P.45–50.

**V. I. Murashka**  
(GSU F. Skaryna ,Gomel)

## A NOTE ON THE WU-HEPERCENTER OF A FINITE GROUP

В работе исследуются свойства обобщенного гиперцентра и его влияние на строе-  
ние конечных групп.

All groups considered here are finite. Let  $\mathbf{X}$  be a class of groups. Recall [1, p. 6–8] that a chief factor  $H/K$  of a group  $G$  is called  $\mathbf{X}$ -central if  $[H/K](G/C_G(H/K)) \in \mathbf{X}$ . A normal subgroup  $N$  of  $G$  is said to be  $\mathbf{X}$ -hypercentral in  $G$  if  $N = 1$  or  $N \neq 1$  and every chief factor of  $G$  below  $N$  is  $\mathbf{X}$ -central. The  $\mathbf{X}$ -hypercenter  $Z_{\mathbf{X}}(G)$  is the product of all normal  $\mathbf{X}$ -hypercentral subgroups of  $G$ .

Recall [2] that a group  $G$  is called  $w$ -supersoluble if all Sylow subgroups of  $G$  are  $\mathbf{P}$ -subnormal in  $G$ . The class  $w\mathbf{U}$  of all  $w$ -supersoluble groups is a hereditary saturated formation with the Sylow tower of supersoluble type. Note that  $\mathbf{U} \subseteq w\mathbf{U}$  where  $\mathbf{U}$  is the class of all supersoluble groups.

In [3] R. Baer showed that a normal subgroup  $N$  of a group  $G$  is  $\mathbf{U}$ -hypercentral in  $G$  if and only if it possesses the Sylow tower of supersoluble type and  $N_G(P)/C_G(P)$  is strictly  $p$ -closed for every Sylow  $p$ -subgroup  $P$  of  $N$  and for every  $p \in \pi(N)$ .

Recall that a group  $G$  is strictly  $p$ -closed if  $G$  has the normal Sylow  $p$ -subgroup  $P$  and  $G/P$  is abelian of exponent dividing  $p - 1$ . Let  $\mathbf{N}_p(\mathbf{A}(p - 1) \cap w\mathbf{U})$  be a class of all groups  $G$  such that all Sylow subgroups of  $G/O_p(G)$  are abelian of exponent dividing  $p - 1$  and  $\mathbf{P}$ -subnormal.

**Theorem.** Let  $N$  be a normal subgroup of a group  $G$ . The following statements are equivalent:

- (1)  $N$  is  $w\mathbf{U}$ -hypercentral in  $G$ .
- (2)  $N$  possesses the Sylow tower of supersoluble type and

$$N_G(P)/C_G(P) \in \mathbf{N}_p(\mathbf{A}(p - 1) \cap w\mathbf{U})$$

for every Sylow  $p$ -subgroup  $P$  of  $N$  and for every  $p \in \pi(N)$ .

### References

- 1 Guo, W. Structure theory for canonical classes of finite groups / W. Guo. – Springer, 2015. – 359 p.
- 2 Vasilev, A. F. On the finite groups of supersoluble type / A. F. Vasil'ev, T. I. Vasil'eva, V. N. Tyutyaynov // Sib. Math. J. – 2010. – V. 51, № 6. – P. 1004–1012.
- 3 Baer, R. Classes of finite groups and their properties / R. Baer // Illinois J. Math. – 1957. – № 1. – P. 115–187.

**Т. А. Артюшеня, А. А. Трофимук**  
(БрГУ им. А. С. Пушкина, Брест)

### О РАЗРЕШИМЫХ ГРУППАХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ИНДЕКСАМИ $P$ -СУБНОРМАЛЬНЫХ ПОДГРУПП В СВОИХ НОРМАЛЬНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ

А.Ф. Васильев, Т.И. Васильева и В.Н. Тютянов в [1] предложили следующее определение: пусть  $P$  – множество простых чисел. Подгруппа  $H$  группы  $G$  называется  $P$ -субнормальной в  $G$ , если либо  $H = G$ , либо существует цепь подгрупп  $H = H_0 \subset H_1 \subset \dots \subset H_{n-1} \subset H_n = G$  такая, что  $|H_{i+1} : H_i|$  – простое число для любого  $i = 0, 1, \dots, n-1$ . Обозначается  $H$  –  $P$ -sn  $G$ . Возникает задача изучения групп, у которых каждая подгруппа из заданной системы подгрупп является  $P$ -субнормальной. Группы, у которых  $P$ -субнормальны все максимальные подгруппы, являются сверхразрешимыми. Группы с  $P$ -субнормальными 2-максимальными подгруппами, силовскими подгруппами, примарными циклическими подгруппами, подгруппами Шмидта исследованы в ряде работ В.С. Монахова, В.Н. Княгиной, А.Ф. Васильева, Т.И. Васильевой и В.Н. Тютянова.

Для формулировки основного результата введем следующую функцию: пусть  $p$  – простое число. Для натурального числа  $n$ , запись  $p^j \parallel n$  означает, что  $p^j$  делит  $n$ , но  $p^{j+1}$  не делит  $n$ . Для группы  $G$  и простого числа  $p$ , мы полагаем:  $k_p(G) = \max_{H \text{ P-sn } G} \{j \mid p^j \parallel |H^G : H|\}$  и  $k(G) = \max_p k_p(G)$ .



Продолжением исследования в данном направлении является следующая

**Теорема.** Пусть  $G$  – разрешимая группа. Тогда справедливы следующие утверждения:

1. если  $k_p(G) = 0$ , то  $l_p(G) \leq 1$ ; если  $k_p(G) = 1$ , то  $l_p(G) \leq 2$ ; если  $k_p(G) \geq 2$ , то  $l_p(G) \leq k_p(G)$ .

2. производная длина группы  $G/\Phi(G)$  и нильпотентная длина группы  $G$  не превышает  $4 + k(G)$ .

### Литература

1 Васильев, А. Ф. О конечных группах, близких к сверхразрешимым группам / А. Ф. Васильев, Т. И. Васильева, В. Н. Тютянов // ПФМТ. – 2010. – № 2(3). – С. 21–27.

**С. В. Балычев, А. Ф. Васильев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **О КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ ФАКТОРИЗУЕМЫХ ПОПАРНО ПЕРЕСТАНОВОЧНЫМИ РАСШИРЕННО СВЕРХРАЗРЕШИМЫМИ ПОДГРУППАМИ**

В настоящей работе рассматриваются только конечные группы.

Изучение групп, представимых в произведение своих подгрупп является классической задачей алгебры.

Напомним, что группа  $G$  есть произведение попарно перестановочных подгрупп  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , если  $G = A_1 \cdot A_2 \cdots A_n$  и  $A_i A_j = A_j A_i$  для всех целых  $i$  и  $j$  с  $1 \leq i, j \leq n$ . Понятно, что для любого выбора индексов  $1 \leq i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_k \leq n$  произведение  $A_{i_1} A_{i_2} \dots A_{i_k}$  будет подгруппой группы  $G$ .

Ф. Холл в 1938 году доказал свою известную теорему о том, что конечная группа разрешима тогда и только тогда, когда она разложима в произведение своих попарно перестановочных силовских  $p$ -подгрупп по разным простым  $p$ .

Б. Хупперт показал, что конечная группа  $G = A_1 \cdot A_2 \cdots A_n$  имеет силовскую башню типа  $\sigma$ , если каждое произведение  $A_i A_j$  имеет силовскую башню типа  $\sigma$ , где  $\sigma$  – некоторое линейное упорядочение

множества всех простых чисел, а также, что  $G$  сверхразрешима, если каждое произведение  $A_i A_j A_k$  сверхразрешимо.

Определение[1].

1. Подгруппа  $H$  группы  $G$  называется  $\mathbf{P}$ -субнормальной в  $G$ , если либо  $H = G$ , либо существует цепь подгрупп

$$H = H_0 \subset H_1 \subset \dots \subset H_{n-1} \subset H_n = G$$

такая, что  $|H_i : H_{i-1}|$  – простое число для любого  $i = 1, \dots, n$ .

2. Группа  $G$  называется расширенно сверхразрешимой, если каждая её силовская подгруппа является  $\mathbf{P}$ -субнормальной в ней.

Теорема. Пусть  $G = A_1 A_2 \dots A_n$ ,  $n \geq 3$  – произведение попарно перестановочных подгрупп  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Если  $A_i A_j A_k$  расширенно сверхразрешима для любого выбора индексов  $1 \leq i, j, k \leq n$ , то  $G$  расширенно сверхразрешима.

## Литература

1 Васильев, А. Ф. О конечных группах сверхразрешимого типа / А. Ф. Васильев, Т. И. Васильева, В. Н. Тютянов. – Сиб. мат. журн. 2010. – Т. 51, № 6. – С. 1270–1281.

**С. Н. Войтович, О. А. Козлов, В. М. Селькин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## О МИНИМАЛЬНЫХ НАСЛЕДСТВЕННЫХ $\omega$ -ЛОКАЛЬНЫХ НЕ $p$ -НИЛЬПОТЕНТНЫХ ФОРМАЦИЙ

Пусть  $\Theta$  – некоторая непустая совокупность формаций. Формации принадлежащие  $\Theta$  называются  $\Theta$ -формациями.  $\Theta$ -формация  $F$  называется  $H_\Theta$ -критической формацией [1], или минимальной не  $H_\Theta$ -формацией [2], если  $F \not\subseteq H$ , но в классе групп  $H$  содержится всякая собственная  $\Theta$ -подформация из  $F$ . Если  $\Theta$ -формации  $F$  и  $H$  такие, что  $F \not\subseteq H$ , тогда, в большинстве случаев, можно показать, что  $F$  содержит, по крайней мере, одну  $H_\Theta$ -критическую подформацию. Этот факт указывает на важность изучения критических формаций. Общая проблема изучения  $H_\Theta$ -критических формаций впервые была поставлена Л.А. Шеметковым в работе [2]. В случае когда  $\Theta=l$  является классом всех локальных формаций, данная проблема была решена А.Н. Скибой

в [3]. Описание  $H_{\Theta}$ -критических формаций, в случае когда  $\Theta$  является классом наследственных локальных формаций, представлено в [4]. Основные результаты исследований, проводимых в данном направлении, представлены в книгах Л.А. Шеметкова и А.Н. Скибы [5, 6], Венбин Го [7]. Существенный вклад в теорию критических формаций внесли К.П. Шам и Венбин Го, где были описаны минимальные тотально локальные ненильпотентные формации. После выхода работы Л.А. Шеметкова и А.Н. Скибы начались изучения минимальных  $\omega$ -локальных не  $H$ -формаций.

Пусть  $\omega$  – произвольное непустое множество простых чисел. Всякая функция вида

$$f : \omega \cup \{\omega'\} \mapsto \{ \text{формации групп} \}$$

называется  $\omega$ -локальным спутником. Если все значения  $\omega$ -локального спутника  $f$  являются наследственными формациями, то  $f$  называется наследственным  $\omega$ -локальным спутником. Символом  $LF_{\omega} \langle f \rangle$  обозначим класс групп

$$(G \mid G/O_{\omega}(G) \in f(\omega') \text{ и } G/F_p(G) \in f(p) \text{ для всех } p \in \omega \cap \pi(G)),$$

для любого произвольного  $\omega$ -локального спутника  $f$ . Пусть  $F = LF_{\omega} \langle f \rangle$ , то говорим, что  $f$  –  $\omega$ -локальный  $V$ -спутник формации  $F$ . В этом случае, мы называем  $F$   $\omega$ -локальной формацией. Если при этом все значения  $f$  лежат в  $F$ , то  $f$  будем называть внутренним  $\omega$ -локальным  $V$ -спутником формации  $F$ .

**Теорема.** Тогда и только тогда формация  $F$  является минимальной наследственной  $\omega$ -насыщенной не  $p$ -нильпотентной формацией, когда  $F = s^{\omega} \text{form}(G)$ , где  $G$  – такая минимальная не  $(G_p, N_p)$ -группа с нефрат-

тиниевым монолитом  $P = G^{G_p, N_p}$ , что  $p$  делит  $|P|$  и либо  $P$  – неабелева группа, и при  $p \in \pi = \pi(P) \cap \omega$ ,  $G$  – минимальная не  $M$ -группа, причем  $P = G^{N_p}$ , либо  $G = [P]H$ , где  $P = C_G(P)$  – абелева  $p$ -группа, и при  $p \in \omega$   $H$  – такая монолитическая минимальная не  $(N_p)$ -группа с монолитом  $Q = H^{N_p}$ , что  $Q \not\subseteq \Phi(H)$  и  $p$  не делит  $|Q|$ .

### Литература

- 1 Скиба, А. Н. О критических формациях / А. Н. Скиба // Доклады АН БССР. – 1983. – Т.27, № 9. – С. 780–782.
- 2 Шеметков, Л. А. Экраны ступенчатых формаций / Л. А. Шеметков // Труды VI Всесоюзного симпозиума по теории групп. – Киев, 1980. – С. 37–50.
- 3 Скиба, А. Н. О критических формациях / А. Н. Скиба // Бесконечные группы и примыкающие алгебраические структуры. – Киев, 1993. – С. 258–268.
- 4 Селькин, В. М. О наследственных критических формациях / В. М. Селькин, А. Н. Скиба. – Сибирский мат. журнал, 1996. – Т.37, № 5. – С. 1145–1153.
- 5 Шеметков, Л. А. Формации алгебраических систем / Л. А. Шеметков, А. Н. Скиба. – Москва: Наука, 1989. – 253 с.
- 6 Скиба, А. Н. Алгебра формаций / А. Н. Скиба. – Минск : Белорусская наука, 1997. – 240 с.
- 7 Wenbin, G. The Theory of Classes of Groups / Wenbin Guo // Beijing-New York-Dordrecht-Boston-London: Science Press-Kluwer Academic Publishers, 2000. – 275 p.

**Е. В. Зубей, В. С. Монахов**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### О РАНГАХ ГРУПП ШМИДТА МАЛЫХ ПОРЯДКОВ

Везде ниже  $p$  и  $q$  – различные простые числа.  $S_{\langle p,q \rangle}$ -группой называют группу Шмидта (конечную ненильпотентную группу, все собственные подгруппы которой нильпотентны) с нормальной силовской  $p$ -подгруппой и ненормальной циклической силовской  $q$ -подгруппой.

Определение ранга группы соответствует [1, с. 685].

Из теоремы О.Ю. Шмидта [2, с. 81] следует, что ранг  $S_{\langle p,q \rangle}$ -группы равен показателю числа  $p$  по модулю  $q$ , т.е. наименьшему натуральному числу  $m$ , при котором  $p^m \equiv 1 \pmod{q}$ .

Найдены ранги всех  $S_{\langle p,q \rangle}$ -групп для  $p, q < 97$ . Основной результат оформлен в виде таблицы размера  $25 \times 25$ , в которой для любых  $p, q < 97$  указаны значения ранга. В частности,

– нечетный ранг принимает один из следующих значений  $\{3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 21, 23, 29, 33, 35, 39, 41\}$ ;

– четные ранги могут быть равными 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 42, 44, 46, 48, 52, 58, 60, 66, 70, 72, 78, 82, 88 или 96;

–  $S_{\langle p, q \rangle}$ -группа сверхразрешима только в следующих случаях:

$q = 2$ ,  $p$  – любое нечетное, меньшее 97;

$\langle p, q \rangle \in \{\langle 7, 3 \rangle, \langle 13, 3 \rangle, \langle 19, 3 \rangle, \langle 31, 3 \rangle, \langle 43, 3 \rangle, \langle 61, 3 \rangle, \langle 67, 3 \rangle, \langle 73, 3 \rangle, \langle 79, 3 \rangle, \langle 97, 3 \rangle, \langle 11, 5 \rangle, \langle 31, 5 \rangle, \langle 41, 5 \rangle, \langle 61, 5 \rangle, \langle 71, 5 \rangle, \langle 29, 7 \rangle, \langle 43, 7 \rangle, \langle 71, 7 \rangle, \langle 23, 11 \rangle, \langle 67, 11 \rangle, \langle 89, 11 \rangle, \langle 53, 13 \rangle, \langle 79, 13 \rangle, \langle 47, 23 \rangle, \langle 59, 29 \rangle, \langle 83, 41 \rangle\}$ .

### Литература

1 Huppert, B. Endliche Gruppen, I // Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1967.

2 Монахов, В. С. Подгруппы Шмидта, их существование и некоторые приложения // Труды Укр. матем. Конгресса. 2001. Киев. 2002, секция 1. – С. 81–90.

**О. А. Козлов, А. С. Поздняков, В. М. Селькин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОДНОЗНАЧНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ОГРАНИЧЕННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОЙ РАЗРЕШИМО $\omega$ -НАСЫЩЕННОЙ ФОРМАЦИИ НА НЕРАЗЛОЖИМЫЕ МНОЖИТЕЛИ**

Все рассматриваемые группы предполагаются конечными. Напомним, что формация  $\mathbf{F}$  – это класс групп замкнутый относительно взятия гомоморфных образов, что каждая группа  $G$  имеет наименьшую нормальную подгруппу (обозначаемую через  $G^{\mathbf{F}}$ ), факторгруппа по которой снова принадлежит  $\mathbf{F}$ . Эта подгруппа называется  $\mathbf{F}$ -корадикалом группы  $G$ . Произведением  $MN$  формаций  $M$  и  $N$  называется класс групп  $(G | G^H \in M)$ . Следуя [1], мы будем использовать символ  $C^{\mathbf{P}}(G)$ , чтобы обозначать пересечение всех централизаторов абелевых  $p$ -главных факторов конечной группы  $G$  (заметим, что  $C^{\mathbf{P}}(G) = G$ , если  $G$  не имеет таких главных факторов). Пусть  $X$  – множество конечных

групп. Тогда используем символ  $\text{Com}(X)$ , чтобы обозначить класс всех абелевых простых групп  $A$  таких, что  $A \cong H/K$  для некоторого композиционного фактора  $H/K$  группы  $G \in X$ . Также пишем, что  $\text{Com}(G)$  для множества  $\text{Com}(\{G\})$ .

Пусть  $\omega$  – произвольное непустое множество простых чисел. Для любой функции  $f$  вида

$$f: \omega \cup \{\omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\} \quad (I)$$

мы определим, следуя [2],

$$CF_\omega(f) = \{G \mid G \text{ – конечная группа } |G/(R(G) \cap O_\omega(G)) \in f(\omega') \text{ и}$$

$$G/C^p(G) \in f(p) \text{ для любого простого числа } p \in \omega \cap \pi(\text{Com}(G))\},$$

где подгруппа  $R(G)$  обозначает корадикал группы  $G$  (т.е.  $R(G)$  – максимальная нормальная разрешимая подгруппа группы  $G$ ) и  $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbb{P}$ . Формация  $F$  называется разрешимо  $\omega$ -насыщенной, если  $F = CF_\omega(f)$  для некоторой функции  $f$  вида (I). В этом случае  $f$  называется  $\omega$ -композиционным спутником формации  $F$ . Для произвольной функции  $f$  вида (I), следуя [3], символ  $LF_\omega(f)$  обозначает класс групп

$$(G \mid G/O_\omega(G) \in f(\omega') \text{ и } G/F_p(G) \in f(p) \text{ для всех } p \in \omega \cap \pi(G)).$$

Если формация  $F$  такова, что  $F = LF_\omega(f)$  для некоторой функции  $f$  вида (I), то формация  $F$  называется  $\omega$ -насыщенной, а  $f$  –  $\omega$ -локальный  $V$ -спутник этой формации. Пересечение всех наследственных разрешимо  $\omega$ -насыщенных формаций, содержащих некоторую фиксированную группу  $G$ , называется однопорожденной наследственной разрешимо  $\omega$ -насыщенной формацией. Формация  $F$  называется ограниченной, если формация  $F$  является подформацией некоторой однопорожденной формации.

$$\text{Если} \quad F = F_1 \dots F_t \quad (II)$$

произведение формаций  $F_1, \dots, F_t$  и  $F \neq F_1 \dots F_{i-1} F_{i+1} \dots F_t$

для всех  $i=1, \dots, t$ , тогда (II) называется несократимой факторизацией формации  $F$ . Формация  $F$  называется неразложимой, если она не может быть представлена в виде  $F = MN$ , где  $M$  и  $N$  являются неединичными формациями.

**Теорема.** Пусть  $F = F_1 \dots F_t$  – произведение неразложимых формаций  $F_1, \dots, F_t$ . Если  $F$  является ограниченной наследственной разрешимо  $\omega$ -насыщенной формацией, то все множители такой факторизации формации  $F$  однозначно определены.

### Литература

- 1 Doerk, K. Finite soluble group, Walter de Gruyter / K. Doerk, T. Hawkes. – Berlin-New York, 1992. – 889 p.
- 2 Skiba, A. N. Multiply L-Composition Formations of Finite Groups / A. N. Skiba, L. A. Shemetkov // Ukrainsk. Math. Zh. – 2000. – № 52(6). – P. 783–797.
- 3 Шеметков, Л. А. Кратно  $\omega$ -локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / Л. А. Шеметков, А. Н. Скиба // Математические труды. – 1999. – Т. 2, № 2. – С. 114–147.

**М. С. Коледа, В. С. Монахов**  
(БрГТУ, Брест)

### ВЫБОР НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИСКЛЮЧАЮЩЕГО «ИЛИ»

Рассматривается логическая функция XOR – исключающее ИЛИ. Это функция от двух аргументов, каждый из которых может быть нулем или единицей. Она принимает значение «1», когда один из аргументов равен единице, но не оба, иначе – «0».

Для решения задачи XOR были использованы следующие нейронные сети и алгоритмы обучения: а) линейная однослойная нейронная сеть, обучение методом Видроу-Хоффа; б) нелинейная однослойная нейронная сеть, обучение Видроу-Хоффа; в) линейная многослойная нейронная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки; г) нелинейная многослойная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки; д) гетерогенная многослойная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки.

При решении поставленной задачи, также для сравнения производилось обучение нейронной сети для решения и других логических функций (таблица 1).

Таблица 1 – Описание логических функций

$x_1$	$x_2$	XOR ( $x_1, x_2$ )	AND ( $x_1, x_2$ )	OR ( $x_1, x_2$ )
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	1	1	0

Результаты работы по обучению нейронной сети с параметрами обучения: точность  $E = 0.0001$ , шаг  $\alpha = 0.4$  (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты экспериментов

Тип НС		а)	б)	в)	г)	д)
Количество итераций	XOR	-	-	-	-	242
	AND	1	-	-	7794	1428
	OR	4	-	-	8039	169

Из таблицы 2 следует, что для решения задачи XOR необходимо использовать нейронную сеть и алгоритм обучения из пункта д).

**А. Г. Мельченко, А. Ф. Васильев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОБОБЩЕННО НОРМАЛЬНЫЕ НЕЧЕТКИЕ ПОДГРУППЫ КОНЕЧНЫХ ГРУПП**

Теория нечетких множеств и нечеткая логика являются обобщениями классической теории множеств и формальной логики. Концепция нечетких множеств была впервые предложена американским ученым Лотфи Заде [1] в 1965 году. В 1971 Азраил Розенфелд [2] использовал понятие нечеткого множества для того, чтобы ввести понятие нечеткой подгруппы группы.

В настоящей работе исследуются свойства понятий нечеткого множества, нечеткой подгруппы и нормальной подгруппы [2], а затем рассматриваются случаи, когда нормальность нечеткой подгруппы заменяется более общим свойством.

**Определение 1.** Нечеткое множество  $X$  – это отображение  $\mu$  из  $X$  в  $[0,1]$ . Множество всех нечетких множеств  $X$  обозначают  $FP(X)$ .

**Определение 2.** Пусть  $\mu \in FP(G)$  и  $G$  – группа. Тогда  $\mu$  называется нечеткой подгруппой группы  $G$ , если:

- 1)  $\mu(xy) \geq \mu(x) \wedge \mu(y) \quad \forall x, y \in G$ ;
- 2)  $\mu(x^{-1}) \geq \mu(x) \quad \forall x \in G$ ;

**Определение 3.** Пусть  $\mu, \nu \in F(G)$  и  $\mu \subseteq \nu$ . Тогда  $\mu$  называется нормальной нечёткой подгруппой нечеткой подгруппы  $\nu$  и записывается как  $\mu \triangleleft \nu$ , если  $\mu(xyx^{-1}) \geq \mu(y) \vee \nu(x) \quad \forall x, y \in G$ .

Наша работа посвящена нахождению новых свойств и структурных предложений обобщенно нормальных нечетких подгрупп. Используя



понятие подгруппы  $\alpha$ -уровня для нечетких подгрупп введены понятия нечетких обобщенно субнормальных,  $S$ -перестановочных подгрупп, а также изучены их некоторые свойства. В качестве приложений установлены новые характеристики конечных нильпотентных и сверхразрешимых групп в терминах их обобщенно нормальных нечетких подгрупп. Получены теоремы о структурных свойствах обобщенно нормальных подгрупп конечных групп.

### Литература

1 Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений /Л. А. Заде. – М.: Изд. 1975. – 32 с.

2 Mordeson, J. N. Fuzzy Group Theory/ J. N. Mordeson, K. R. Bhutani, A. Rosenfeld. – 2005.

**В. С. Моисеева, А. Н. Метлицкий**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### МАТРИЧНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЕВКЛИДОВОЙ ПЛОСКОСТИ

На практике данное исследование значимо тем, что преобразования на плоскости как правило применяют при размещении типовых и повторяющихся частей объектов в разных местах на карте; для изменения масштабов геометрических объектов. Большая подборка задач на преобразования может быть использована учителем на «обычных уроках» или на факультативных курсах.

Целью работы является представление в матричном виде различных видов преобразований евклидовой плоскости и исследование их с групповой точки зрения, а так же визуализация преобразований евклидовой плоскости через написания программы на языке Delphi.

В основной части работы рассмотрены элементы теории преобразований евклидовой плоскости [1].

В практической части работы рассмотрено матричное представление различных видов преобразований евклидовой плоскости: геометрическое преобразование в которое входят: 1) Ортогональные преобразования; 2) Подобные преобразования; 3) Аффинные преобразования; 4) Проективные преобразования [2]. Так же рассмотрены подвиды

видов ортогональных, подобных, аффинных и проективных преобразований и их исследование с групповой точки зрения. Проведена визуализация ортогональных и аффинных преобразований.

В результате исследования была получена компьютерная программа которая показывает что происходит с объектом при данном ортогональном или аффинном преобразовании, а так же было установлено что из выше перечисленных преобразований плоскости являются группами относительно операции композиции. Были исследованы подвиды ортогональных и аффинных преобразований и выяснено какие из них являются подгруппами групп ортогональных и аффинных преобразований соответственно

### Литература

- 1 Курош, А. Г. Курс высшей алгебры / А. Г. Курош. – Изд. 11. – М. : Наука, 1975. – 211 с.
- 2 Базылев, В.Т. Геометрия часть 1 / В. Т. Базылев, К. И. Дуничев, В. П. Иваницкая. – М. : Просвещение, 1974. – 250 с.

**К. Л. Парфенков, А. Ф. Васильев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **КОНЕЧНЫЕ ГРУППЫ С ТРЕМЯ СВЕРХРАЗРЕШИМЫМИ ПОДГРУППАМИ**

В работе рассматриваются только конечные группы. Пусть группа  $G$  имеет три подгруппы  $A$ ,  $B$  и  $C$ , чьи индексы попарно взаимно просты в  $G$ . Как установили Виландт и Кегель, группа  $G$  является разрешимой (нильпотентной) в случае разрешимости (соответственно нильпотентности) подгрупп  $A$ ,  $B$  и  $C$ . С другой стороны, сверхразрешимость  $A$ ,  $B$  и  $C$  уже не влечет в общем случае сверхразрешимости самой группы  $G$ . Поэтому возникает задача отыскания условий, при которых такие группы являются сверхразрешимыми.

Согласно [1] подгруппы  $A$  и  $B$  группы  $G$  называются взаимно перестановочными (взаимно  $sp$ -перестановочными), если  $A$  перестановочна с любой (соответственно, субнормальной) подгруппой из  $B$ , а  $B$  перестановочна с любой (соответственно, субнормальной) подгруппой из  $A$ .

Подгруппа  $H$  группы  $G$  называется [2]  $K$ - $P$ -субнормальной в  $G$ , если существует цепь подгрупп

$$H = H_0 \leq H_1 \leq \dots \leq H_{n-1} \leq H_n = G$$

такая, что либо  $H_{i-1}$  нормальна в  $H_i$ , либо  $|H_i : H_{i-1}|$  – простое число для любого  $i = 1, \dots, n$ .

**Теорема 1.** Пусть группа  $G$  имеет три сверхразрешимые подгруппы  $A, B$  и  $C$ , чьи индексы попарно взаимно просты в  $G$ . Тогда:

1. Если  $A, B$  и  $C$  попарно взаимно  $sn$ -перестановочны, то  $G$  сверхразрешима.

2. Если  $A, B$  и  $C$   $K$ - $P$ -субнормальны в  $G$ , то  $G$  сверхразрешима.

### Литература

1 Ballester-Bolinches, A. Products of Finite Groups / A. Ballester-Bolinches, R. Esteban-Romero, M. Asaad. – Berlin-New York: Walter de Gruyter. – 2010. – 334 p.

2 Васильев, А. Ф. О  $K$ - $P$ -субнормальных подгруппах конечных групп / А. Ф. Васильев, Т. И. Васильева, В. Н. Тютянов // Мат. заметки. – 2014. – Т. 95, № 4. – С. 517–528.

**В. В. Парченкова, Ю. Я. Романовский**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### КИНЕМАТИКА ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК ТРЕУГОЛЬНИКА

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что кинематические модели могут использовать школьники и взрослые при решении реальных ситуаций; учителя, как при проведении уроков по математике, так и на факультативных курсах. Данное исследование будет полезным для разработки электронных графических изображений, а так же в спортивной деятельности.

Целью исследования является: рассмотрение следа замечательных точек треугольника, оставленных после перемещения вершины по различным прямым, предварительно зафиксировав остальные.

Похожие исследования проводились Кирилюк Л.В. при рассмотрении ортоцентров треугольника [1]. В данной работе исследованы следы замечательных точек треугольника оставленных после движения вершины по трем различным прямым: 1) по прямой перпендикулярной к основанию; 2) по прямой пересекающей основание треугольника, но не перпендикулярной к ней; 3) по прямой параллельной основанию.

В результате было установлено, что данные точки не хаотично разбросаны на плоскости, а описывают некоторые линии. Построены

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

кинематические модели центров описанных окружностей и ортоцентров для вышеуказанных случаев.

Данная работа будет интересна для изучения не только школьникам и педагогам, а так же студентам учреждений высшего образования.

## Литература

1 Кирилук, Л. В. Живые треугольники / Л. В. Кирилук // Альфа. – 1997. – № 1. – С. 11–16.

**В. Е. Писпанен, А. С. Поздняков, А. Ф. Васильев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## ТЕОРИЯ ГРУПП В КРИПТОГРАФИИ

Криптография – наука о методах обеспечения конфиденциальности, целостности данных (невозможности незаметного изменения информации), аутентификации (проверки подлинности авторства или иных свойств объекта), а также невозможности отказа от авторства [1].

Криптография требует, чтобы были заданы множества целых чисел и операции, определенные для них. Комбинация множеств и операций, которые могут быть применены к элементам множества, называются алгебраической структурой.

Клод Шеннон предложил рассматривать блочные шифры как наиболее перспективное средство обеспечения конфиденциальности сообщений в системах секретной связи. Он построил свою первую модель секретной системы с помощью алгебры шифров, введя понятия их суммы и произведения [2].

Современные симметрично-ключевые блочные шифры выполняют операции с  $n$ -битовыми словами. Понимание этих шифров требуют знания разделов современной алгебры, называемых алгебраическими структурами. Одной из таких структур являются группы.

Группа ( $G$ ) – набор элементов с бинарной операцией «\*» обладает следующими свойствами: замкнутость, ассоциативность, коммутативность, существование нейтрального элемента и существование инверсии.

Хотя группа включает единственный оператор, свойства, присущие каждой операции, позволяют использование пары операций, если они – инверсии друг друга. Если оператор – сложение, то группа поддерживает и сложение, и вычитание как аддитивно инверсные операции. Это

также верно для умножения и деления. Однако группа может поддерживать только сложение/вычитание или умножение/деление, но не оба сочетания одновременно.

### Литература

- 1 Ляховский, В. Д. Группы симметрии и элементарные частицы / В. Д. Ляховский, А. А. Болохов. – Изд-во ЛГУ, 1983. – 336 с.
- 2 Аграновский, А. В. Практическая криптография / А. В. Аграновский, Р. А. Хади. – М. : Солон-Пресс, 2009. – 258 с.

**А. С. Поздняков, С. Н. Войтович, В. М. Селькин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ОПИСАНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ $\omega$ -ЛОКАЛЬНЫХ НЕ $\mathbf{H}$ -ФОРМАЦИЙ

Все рассматриваемые нами группы конечны. Нам потребуются следующие определения и обозначения работы [1].

Пусть  $\omega$  – произвольное непустое множество простых чисел. Всякая функция вида  $f: \omega \cup \{\omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}$  называется  $\omega$ -локальным спутником. Пусть символ  $G_{\omega d}$  обозначает наибольшую нормальную в  $G$  подгруппу  $N$  с тем свойством, что  $\omega \cap \pi(N/K) \neq \emptyset$  для каждого композиционного фактора  $N/K$  из  $N$  ( $G_{\omega d} = 1$ , если  $\omega \cap \pi(\text{Soc}(G)) = \emptyset$ ). Для произвольного  $\omega$ -локального спутника  $f$  символом  $F_{\omega}(f)$  обозначается класс групп  $\{G \mid G/G_{\omega d} \in f(\omega') \text{ и } /F_p(G) \in f(p) \text{ для всех } p \in \omega \cap \pi(G)\}$ . Если формация  $\mathbf{F}$  такова, что  $\mathbf{F} = LF_{\omega}(f)$ , то говорят, что она  $\omega$ -локальна, а  $f$  –  $\omega$ -локальный спутник этой формации.

Пусть  $\mathbf{X}$  – произвольная совокупность групп,  $p$  – простое число. Тогда положим  $\mathbf{X}(F_p) = \text{form}(G/F_p(G) \mid G \in \mathbf{X})$ , если  $p \in \pi(\mathbf{X})$ ,  $\emptyset$ , если  $p \notin \pi(\mathbf{X})$ .

Каноническим  $\omega$ -локальным спутником формации  $\mathbf{F}$  называется спутник  $f$  со следующими значениями:  $f(\omega') = \mathbf{F}$  и  $f(p) = \mathbf{N}_p \mathbf{F}(F_p)$  для всех  $p \in \omega$ .  $\tau$ -Замкнутая  $\omega$ -локальная формация  $\mathbf{F}$  называется минимальной  $\tau$ -замкнутой  $\omega$ -локальной не  $\mathbf{H}$ -формацией, если  $\mathbf{F} \subseteq \mathbf{H}^*$ , но  $\mathbf{F}_1 \subseteq \mathbf{H}$  для всякой собственной  $\tau$ -замкнутой  $\omega$ -локальной подформации  $\mathbf{F}_1$  из  $\mathbf{F}$ . Формация  $\mathbf{H}$  называется  $\omega$ -локальной формацией классического типа, если она имеет такой  $\omega$ -локальный спутник, все неабелевы значения которого  $\omega$ -локальны.

**Теорема.** Пусть  $\mathbf{M}$  –  $\tau$ -замкнутая  $\omega$ -локальная формация,  $\mathbf{H} = \mathbf{G}_p \mathbf{N}_p \mathbf{M}$ . Тогда  $\mathbf{F}$  в том и только в том случае является минимальной  $\tau$ -замкнутой  $\omega$ -локальной не  $\mathbf{H}$ -формацией, когда  $\mathbf{F} = \tau^\omega \text{form}(G)$ , что  $G$  – такая монолитическая  $\bar{\tau}$ -минимальная не  $\mathbf{H}$ -группа с нефраттиниевым монолитом  $P = G^{\mathbf{H}}$ , что  $p$  делит  $|P|$ , и либо  $P$  – неабелева группа и при  $p \in \pi(P) \cap \omega$   $G$  –  $\bar{\tau}$ -минимальная не  $(\mathbf{N}_p \mathbf{M})$ -группа, либо  $G = [P]H$ , где  $P = C_G(P)$  и при  $p \in \omega$  группа  $H$  является  $\bar{\tau}$ -минимальной не  $(\mathbf{N}_p \mathbf{M})$ -группой с монолитом  $Q = H^{N_p \mathbf{M}}$ , что  $Q^*$  и  $p$  не делит  $|Q|$ .

### Литература

1 Shemetkov, L. A. Multiply  $\omega$ -local formations and Fitting classes of finite groups / L. A. Shemetkov, A. N. Skiba // Sibirian Advances in Mathematics. – 2000. – V. 10, № 2. – P. 1–30.

Д. А. Саница, А. Н. Скиба  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### КОНЕЧНЫЕ ГРУППЫ С $H_\sigma$ -ПЕРЕСТАНОВОЧНО ВЛОЖЕННЫМИ ПОДГРУППАМИ

Пусть  $G$  конечная группа. Подгруппа  $A$  группы  $G$  называется  $H_\sigma$ -перестановочно вложенной в  $G$ , если  $A$  является  $\sigma$ -холловской подгруппой некоторой  $\sigma$ -перестановочной подгруппы группы  $G$ .

Группа  $G$  называется  $\sigma$ -нильпотентной [1], если  $G = H_1 \times \dots \times H_t$ , для некоторых  $\sigma$ -примарных групп  $H_1, \dots, H_t$ . Символ  $G^{\mathfrak{R}_\sigma}$  обозначает  $\sigma$ -нильпотентный корадикал  $G$  и является пересечением всех нормальных подгрупп  $N$  из  $G$  с  $\sigma$ -нильпотентным фактором  $G/N$ . Пусть  $\mathfrak{Z}$  класс групп. Подгруппа  $H$  из  $G$  называется  $\mathfrak{Z}$ -проектором  $G$  если  $H \in \mathfrak{Z}$  и для каждой подгруппы  $E$  из  $G$  такой, что  $H \leq E$  и  $E/N \in \mathfrak{Z}$  следует, что  $E = NH$ . Подгруппа  $H$  из  $G$  будет  $\sigma$ -картеровой подгруппой  $G$  если  $H$   $\mathfrak{R}_\sigma$ -проектор  $G$ , где  $\mathfrak{R}_\sigma$  класс всех  $\sigma$ -нильпотентных групп. Напомним, что группа  $G$  имеет силовскую башню, если  $G$  имеет нормальный ряд  $1 = G_0 < G_1 < \dots < G_{t-1} < G_t = G$  такой, что число  $|G_i/G_{i-1}|$  является порядком некоторой силовской подгруппы из  $G$  для каждого  $i \in \{1, \dots, t\}$ . Пусть  $H/K$  главный фактор  $G$ . Тогда, мы говорим, что  $H/K$   $\sigma$ -централен (в  $G$ ) [2] если полупрямое произведение  $[(H/K)] ((G/C_G(H/K))$   $\sigma$ -примарно. В противном случае  $H/K$   $\sigma$ -эксцентрален

(в  $G$ ). Группа  $G$  называется Н $\sigma$ Е-группой если  $G = [D]M$ , где  $D = G^{\sigma}$   $\sigma$ -холловская подгруппа  $G$  с  $|\sigma(D)| = |\pi(D)|$  таким, что  $D$  имеет силовскую башню и каждый главный фактор  $G$  ниже  $D$   $\sigma$ -эксцентрален и  $M$  действует неприводимо на каждую  $M$ -инвариантно силовскую подгруппу  $D$ .

Доказана следующая

**Теорема.** Любые два из следующих условий эквиваленты: (1) Каждая подгруппа  $G$  Н $\sigma$ -перестановочно вложена в  $G$ ; (2)  $G = [D]M$  Н $\sigma$ Е-группа, где  $D = G^{\sigma}$  циклическая группа бесквадратного порядка; (3)  $G = [D]M$ , где  $D$   $\sigma$ -холловская циклическая подгруппа  $G$  бесквадратного порядка с  $|\sigma(D)| = |\pi(D)|$  и  $M$   $\sigma$ -картерова подгруппа  $G$ .

### Литература

1 Skiba, A. N. On  $\sigma$ -subnormal and  $\sigma$ -permutable subgroups of finite groups / A. N. Skiba. – Journal of Algebra, 2015. – V. 436. – P. 1–16.

2 Skiba, A. N. A generalization of a Hall theorem / A. N. Skiba. – Journal of Algebra and Its Applications, 2016. – V. 15. – P. 1650085-1–1650085-13.

**И. А. Соболев, А. Н. Скиба**  
(ГГУ им Ф. Скорины, Гомель)

### ОБОБЩЕННО ПЕРЕСТАНОВОЧНЫЕ ПОДГРУППЫ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

Особую роль в теории групп играют конечные группы, т. е. группы состоящие из конечного числа элементов.

Строение конечной группы в значительной степени зависит от наличия в ней заданной системы перестановочных подгрупп.

**Определение 1.** Подгруппы  $A$  и  $B$  группы  $G$  называются перестановочными, если выполнено равенство

$$AB = BA,$$

где

$$AB = \{(ab) \mid a \in A, b \in B\}.$$

В теории групп важность этого понятия связана, прежде всего с тем, что для перестановочных подгрупп  $A$  и  $B$  их произведение  $AB$  само является группой.

Изучение перестановочных подгрупп было начато в классической работе Оре [1], где было доказано, что любая перестановочная подгруппа является субнормальной.

В работе Го Вэньбиня, К.П. Шама и А.Н. Скибы [2] было рассмотрено новое обобщение понятия перестановочной подгруппы.

Согласно которому, подгруппы  $A$  и  $B$  называются  $X$ -перестановочными, где  $\emptyset \neq X \subseteq G$ , если в  $X$  имеется такой элемент  $x$ , что  $AB^x = B^xA$ .

Значение понятия  $X$ -перестановочности связано, прежде всего, с тем, что многие важные классы конечных групп допускают точное описание в терминах  $X$ -перестановочности для подгрупп. Используя это понятие, можно дать следующую интерпретацию классической теоремы Холла о разрешимых подгруппах[3]:

**Теорема 1.** Группа  $G$  разрешима тогда и только тогда, когда любые ее две холловы подгруппы  $G$ -перестановочны.

### Литература

1 Ore, O. Contributions in the theory of groups of finite order / O. Ore. – Duke: Math. J., – 1939. – Vol. 5. – P. 431 – 460.

2 Skiba, A. N.  $X$ -Permutable subgroups / A. N. Skiba, W. Guo, K. P. Shum. – Gomel, 2003. – Preprint/GGU im. F. Skoriny; № 61.

3 Hall, P. On the Sylow systems of a soluble group / P. Hall. – Proc. London Math. Soc, 1937. – V. 43, № 2. – P. 507–528.

### И. Л. Сохор

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ФОРМАЦИОННО СУБНОРМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СИЛОВСКИХ ПОДГРУПП РАЗРЕШИМЫХ ГРУПП

Рассматриваются только конечные группы.

Строение группы во многом определяется свойствами ее силовских подгрупп, в частности, примарных, а также способом их вложения в группу. Широкое развитие в теории групп получило направление, связанное с исследованием групп, в которых все силовские подгруппы формационно субнормальны [1, 2].

Напомним, что подгруппу  $H$  группы  $G$  называют  $F$ -субнормальной, если существует цепочка подгрупп  $H = H_0 < H_1 < \dots < H_n = G$  такая,



что  $H_{i-1}$  – максимальная подгруппа в  $H_i$  и  $H_i/H_{i-1} \in F$  для всех  $i$ .

Здесь  $F$  – формация,  $H_G$  – ядро подгруппы  $H$  в группе  $G$ .

Нами установлены следующие новые свойства примарных подгрупп разрешимых групп.

**Теорема.**

(1) В любой разрешимой группе каждая силовская подгруппа  $A_1N$ -субнормальна.

(2) В любой разрешимой группе каждая примарная циклическая подгруппа  $A_1A$ -субнормальна.

(3) В любой разрешимой группе каждая силовская подгруппа  $A_1A$ -субнормальна тогда и только тогда, когда в ней существует нормальная нильпотентная подгруппа, в фактор-группе по которой все силовские подгруппы абелевы.

Здесь  $N$ ,  $A$  и  $A_1$  – формации всех нильпотентных, всех абелевых и всех абелевых групп с элементарными абелевыми силовскими подгруппами соответственно.

### Литература

1 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.

2 Васильев, А. Ф. Конечные группы с обобщенно субнормальным вложением силовских подгрупп / А. Ф. Васильев, Т. И. Васильева, А. С. Вегера // Сибирский математический журнал. – 2016. – Т. 57, № 2. – С. 259–275.

**А. К. Фурс, А. Ф. Васильев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ АЛГЕБРЫ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ САЙТОВ УНИВЕРСИТЕТОВ

**Введение.** В настоящее время большинство университетов имеет сайты, которые формирует их имидж в мировом медиа-пространстве, продвигают на рынке образовательных услуг. Поэтому проблема повышения качества веб-ресурсов вуза является актуальной.

**Цель работы.** Сегодня сайты ведущих вузов имеют большие объемы данных и сложную структуру. Возникает необходимость выяснить, насколько сайт качественен и можно ли, улучшить его характеристики.

**Модель и методы.** В последнее время уделяется внимание ранжированию сайтов вузов по различным системам показателей и характеристик. Наиболее известным является вебметрический рейтинг (Webometrics Ranking of World Universities), который широко применяется в настоящее время. Важное место занимают оценки показателей, связанных с инженерией сайтов, которые определяются различными стандартами и моделями. Возрастающая сложность разрабатываемых веб-ресурсов требует более сложного математического аппарата для построения их интегральных оценок и метрик. Такими инструментами в последние годы все чаще выступают нечеткая алгебра и нечеткая логика [1–2], которые позволяют построить более эффективные и адекватные количественные оценки.

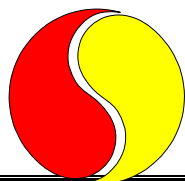
**Реализация.** В работе на основе международного стандарта ISO 9126 и аппарата нечеткой алгебры и нечеткой логики построена модель характеристик и найдены алгоритмы вычисления нечетных оценок для сравнительного анализа 30 сайтов вузов, включающих сайты ведущих университетов Республики Беларусь. Данная модель реализована в среде Matlab Fuzzy Logic Toolbox. По итогам работы даны конкретные рекомендации по повышению интегрального показателя и отдельных характеристик сайтов вузов.

**Заключение.** Предложенный новый подход сравнительного анализа сайтов вузов позволяет проводить на практике оптимизацию работы веб-ресурсов в соответствии с современными требованиями.

### Литература

1 Zadeh, L. A. Fuzzy sets / L.A. Zadeh. – Information and Control, 1965 – С. 338–353.

2 Herrera-Viedma, E. Evaluating the information quality of web sites: A methodology based on fuzzy computing with words / E. Herrera-Viedma, G. Pasi, A.G. Lopez-Herrera, C. Porcel // Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006. – С. 538–549.



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ**  
*Математическое моделирование*

---

**А. О. Акулов, Д. П. Кункевич**  
(БНТУ, Минск)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯЧЕЙСТЫХ СТРУКТУР ПОСЛОЙНОГО  
СИНТЕЗА В СИСТЕМАХ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА**

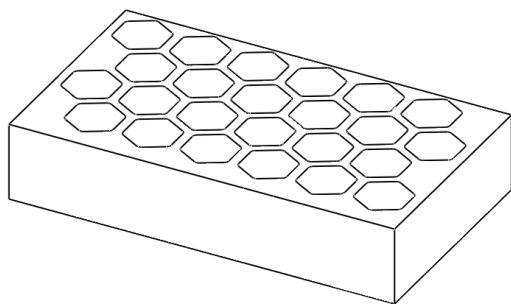


Рисунок 1 – Пример детали

Современные аддитивные технологии позволяют создавать изделия с разнообразной геометрией как внешней, так и внутренней. Благодаря этому можно изготавливать детали с ячеистой внутренней структурой (рисунок 1) и экономить материал. Однако при этом возникает вопрос, относительно

механических свойств изделия – будет ли оно достаточно прочным, жестким и т. п. Соответствующие расчеты можно выполнить методом конечных элементов. Объемные элементы – большая модель и много вычислений. Более эффективны оболочечные и стрержневые [1].

Генерирование соответствующих сеток – задача сложная и трудоемкая. Для ее решения необходимы специальные программные средства. Предлагается следующий принцип ее решения. На первом этапе определяется система координат, а в ней – габаритный параллелепипед изделия. В нем, в свою очередь, определяется создается регулярный массив точек. Следующий этап – построение узлов в точках, находящихся «в теле» детали. В завершение строятся элементы. Для определения опорных узлов используется индексация исходного массива точек. Если в каждой точке с заданными индексами имеются узлы, элемент создается. В противном случае – нет. В случае частичной принадлежности рассматривается возможность проецирования точки на поверхность детали. Варьируя ориентацией координатных осей и размером ячейки можно оптимизировать заполнение материалом внутреннего объема детали.

## Литература

1 APDL-моделирование ячеистых конструктивных элементов деталей для аддитивного формообразования / А. В. Бородуля [и др.]; Аддитивные технологии, материалы и конструкции: материалы науч.-техн. конф., Гродно, 5–6 октября 2016г. – Нац.акад.наук Беларуси. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 146–152.

**М. А. Альхимович, Е. И. Гацкевич**  
(БНТУ, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В настоящей работе методом математического моделирования исследованы отражение и пропускание структур с тонкопленочным покрытием. Тонкопленочные оптические структуры широко используются в бытовых и промышленных приборах, в устройствах интегральной оптики, микрооптики, в качестве миниатюрных поляризаторов, зеркал, светоделителей и светофильтров. Задачи моделирования оптических свойств материалов и структур, характерные размеры которых (толщина, период) имеют тот же порядок, что и длина волны оптического диапазона, либо меньше нее, являются актуальными задачами физической оптики [1].

При моделировании оптических свойств тонкопленочных покрытий использовался подход, описанный в [2], в основе которого лежит метод характеристических матриц. Исследовались свойства диэлектрических пленок на диэлектрических подложках. Каждый слой характеризовался некоторым показателем преломления. В такой структуре отражение и преломление происходят на каждой плоскости раздела сред, при этом часть света отражается, а часть преломляется.

Моделирование проводилось в интегрированной среде Mathcad. Разработаны алгоритмы, позволяющие рассчитывать оптические свойства трехслойной структуры при произвольных углах падения оптического излучения.

С помощью разработанного алгоритма исследованы зависимости коэффициентов отражения и пропускания от толщины пленки, от показателей преломления покрытия и основного материала, а также от угла падения и длины волны оптического излучения.

Разработанный алгоритм может быть применен в технологии создания тонкопленочных покрытий с заданными свойствами.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ по проекту Ф16Р-069.

### Литература

1 Путилин, Э. С. Оптические покрытия / Э. С. Путилин. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2010. – 227 с.

2 Вольф, Э. Основы оптики / Э. Вольф, М. Борн. – М. : Наука, Москва, 1973. – 713 с.

**М. Ю. Бокий, В. В. Можаровский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАСЧЕТА ТРИБОЛОГОЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТА СО СЛОИСТЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Актуальной является проблема создания новых эффективных алгоритмов и на их основе современного прикладного программного обеспечения для решения контактных задач вычислительной механики.

Для покрытий с чередующимися однородными слоями из материалов с изотропными свойствами важен подбор оптимального сочетания материалов. Целью является создание поверхностей с низким трением и минимизации износа. Анализ методов расчета таких покрытий показывает, что для оценки напряженно-деформированного состояния используются в основном численные методы. Используемый чаще всего метод конечных элементов дает существенную погрешность, когда размеры ячеек сетки разбиения выбраны таким образом, что переменные в пределах каждого элемента изменяются не непрерывно. Поэтому требуется развитие аналитических методов расчета с дальнейшей реализацией на ЭВМ.

Успешное применение волокнистых и слоистых покрытий из композиционных материалов требует создания новых методов расчета, основанных на неклассических задачах теории упругости. Здесь важно учитывать влияние твердых слоев при скольжении со смазкой и без нее на коэффициент трения, а также на форму деформирования. Для расчета покрытий из армированных материалов, в которых свойства дисперсной и матричной фаз значительно различаются, вводятся постоянные, характеризующие материал в зависимости от основных направлений композита.

Часто слоистый материал можно описать физическими уравнениями плоской теории анизотропной упругости. Модули упругости рассчитываются с позиции макроподхода или, если свойства дисперсной и матричной фаз композита в значительной степени различны, по одному из правил определения механических свойств [1].

### Литература

1 Можаровский, В. В. Влияние трения между цилиндрическим индентором и покрытием из композита на параметры контакта // Трение и износ. – № 6, 1990. – С. 1014–1034.

**Ю. Д. Бондарева**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ РИТ-СВАИ

При проектировании строительных объектов возникает необходимость определения экономически эффективных фундаментов зданий для каждой строительной площадки. При определённых свойствах грунтового основания целесообразным может оказаться фундамент на основе РИТ-свай. В целом РИТ-свая и грунтовое основание образуют сложную по структуре и свойствам нелинейную и неоднородную систему деформируемых твёрдых тел. Исследование этой системы осуществляется методами математического и компьютерного моделирования [1]. Было построено несколько модельных задач, отличающихся количеством уширений и расстояниями между ними. Определялись осадки РИТ-свай в зависимости от количества уширений, их расположения и внешней нагрузки (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Осадка сваи

$P, \tau$					
$n$	3	6	9	12	14
Опыт	0,2	1,7	5,6	12,1	18,8
1	0,32	1,88	5,7	12,3	18,54
2	0,164	1,0	2,9	6,2	9,3
3	0,1	0,6	1,77	3,78	5,7
4	0,085	0,52	1,53	3,28	4,94

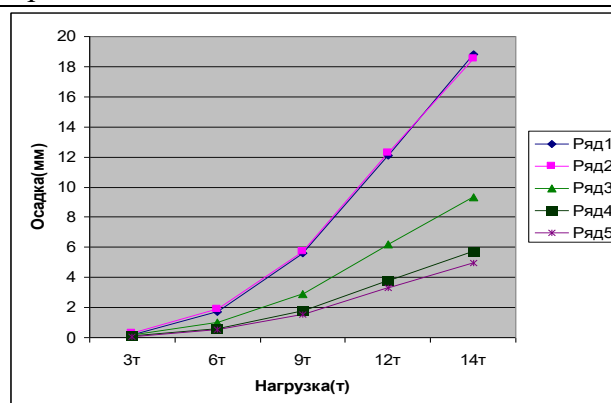


Рисунок 1 – График осадки

Устройство одного уширения позволило увеличить несущую способность сваи не менее как в 10 раз. Устройство второго уширения, по сравнению с предыдущим вариантом, увеличило несущую способность почти в 2 раза. Устройство третьего уширения увеличило несущую способность на 35 %. Сравнение осадки РИТ-сваи с тремя уширениями и сплошной РИТ-сваи с диаметром ствола равном диаметру уширения показало, что несущая способность сваи увеличилась на 18 %. Для рассматриваемой сваи оптимальное количество уширений  $n = 3$ , т. е. расстояние между уширениями равно их диаметру.

## Литература

1 Быховцев, В. Е. Математическое и компьютерное моделирование осадки РИТ-сваи в нелинейно-деформируемом грунтовом основании / В. Е. Быховцев, Ю. Д. Бондарева // Известия ГГУ. – Гомель: 2016. – № 3(96). – С. 92–95.

**А. О. Будыко, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ДЕМПФИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ МАЯТНИКА ПРИ БОЛЬШИХ НАЧАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ С МИНИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ**

Рассматривается задача демпфирования при больших начальных возмущениях нелинейной модели математического маятника:

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

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

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

Традиционно при малых начальных отклонениях  $|x_{10}| + |x_{20}|$  для гашения колебаний маятника около устойчивого нижнего состояния равновесия  $(0, 0)$  используют линейное уравнение  $\ddot{x} + x = u$ . Если же начальное состояние заметно удалено от  $(0, 0)$ , то с помощью такой линеаризации решить указанную задачу часто просто невозможно. Здесь для исследования поведения нелинейной системы вводится ее кусочно-линейная аппроксимация, что позволяет решать задачу демпфирования для любых начальных возмущений и движений маятника.

Обратную связь  $u = u(z) = u(x, \dot{x})$ ,  $z \in R^2$ , назовем ограниченной дискретной (с периодом квантования  $\nu > 0$ ) демпфирующей в области  $G \subset R^2$  для состояния равновесия (2), если: 1)  $u(z^k) = 0$ ; 2)  $|u(z)| \leq L$ ,  $z \in G$ ; 3) траектория замкнутой системы (1):  $\ddot{x} + \sin x = u(z)$ ,  $z(0) = z_0 \in G$ , 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 этой обратной связи используется реализация в режиме реального времени позиционного решения следующей задачи

$$B_\theta(z) = \min_u \rho, \quad \ddot{x} + f(x) = u, \quad (x(0), \dot{x}(0)) = z, \quad (3)$$

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

$f(x) = x - 2k\pi$ ,  $x \in [-\pi/2 + 2k\pi, \pi/2 + 2k\pi]$ ;  $f(x) = -x + (2k+1)\pi$ ,  $x \in [\pi/2 + 2k\pi, 3\pi/2 + 2k\pi]$ ,  $k \in Z$ . При этом минимум в задаче (3) берется дополнительно и по моментам переключения функции кусочно-линейной аппроксимации с одного линейного участка на другой.

Построенные демпферы программно реализованы, просчитаны тестовые примеры.



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

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫМИ УПРАВЛЕНИЯМИ ЛИНЕЙНО-НЕГЛАДКИХ ЗАДАЧ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ

На промежутке  $t \geq 0$  рассмотрим динамическую систему  $\dot{x} = Ax + bu$ ,  $x(0) = x_0$  ( $x \in R^n$ ,  $u \in R$ ,  $\text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n$ ) (1).

Будем считать, что доступными являются лишь ограниченные управления:  $|u(t)| \leq L$ ,  $t \geq 0$  ( $0 < L < \infty$ ). Обозначим через  $X_0 = \{x \in R^n : Ax + bu_x = 0, |u_x| \leq L\}$  – множество возможных состояний равновесия системы (1).

Пусть заданы число  $0 < L < \infty$ , вектор  $z \in \text{int } X_0$ , область  $G \subset R^n$  ( $z \in G$ ). Функция  $u = u_z(x)$ ,  $x \in G$ , называется ограниченной обратной связью, решающей классическую задачу регулирования для системы (1) в области  $G$ , если: 1)  $u_z(z) = u_z$ ; 2) функция  $u_z(x)$  удовлетворяет ограничению:  $|u_z(x)| \leq L$ ,  $x \in G$ ; 3) замкнутая система

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

имеет решение  $x(t) \in G$ ,  $t \geq 0$ , для всех  $x_0 \in G$ ; 4) состояние равновесия  $x(t) \equiv z$ ,  $t \geq 0$ , системы (3) асимптотически устойчиво в  $G$ .

При этом естественно потребовать, чтобы дополнительно: 5) область притяжения  $G$  состояния равновесия  $z$  была достаточно большой; 6) переходные процессы в замкнутой системе (3) были в некотором смысле наилучшими. Для решения указанной проблемы здесь используется следующая вспомогательная задача оптимального управления

$$B_\theta(y) = \min \int_0^\theta |u(t) - u_z| dt, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = y, \quad x(\theta) = z, \quad (4)$$

$$|u(t)| \leq L, \quad t \in T = [0, \theta] \quad (0 < \theta < \infty \text{ – параметр метода}).$$

Пусть  $G_\theta$  – множество всех состояний  $y$ , для которых задача (4) имеет оптимальную программу  $u_z^0(t|y)$ ,  $t \in T$ . Функция  $u_z(y) = u_z^0(0|y)$ ,  $y \in G_\theta$ , называется оптимальным стартовым управлением типа обратной связи для задачи (4). Показывается, что стартовая обратная связь обладает свойствами, указанными выше. Обосновывается алгоритм работы регулятора, вырабатывающего реализацию

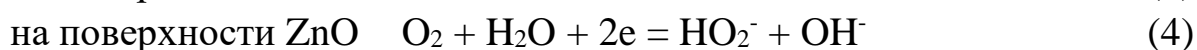
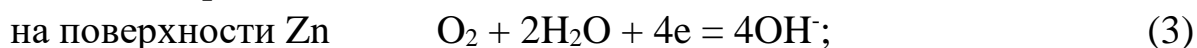
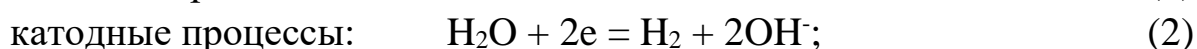
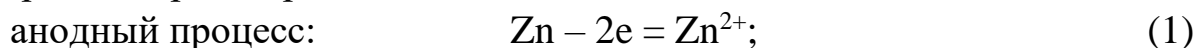
регулирующей обратной связи в режиме реального времени. Алгоритм программно реализован на языке С. Результаты иллюстрируются на примере регулирования динамической системой четвертого порядка.

**Г. Вейсага, В. Г. Матыс**  
(БГТУ г. Минск)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ КОРРОЗИИ ЦИНКА В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ**

Целью работы является разработка метода определения потенциала и плотности тока коррозии цинка из поляризационных кривых путём математического моделирования на основе электрохимического механизма коррозии цинка.

Электрохимический механизм коррозии цинка в нейтральном хлорид-содержащем растворе:



Анодный и катодный процесс (1) и (2), соответственно, описывается следующим видом уравнения Тафеля:

$$i_{\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})} = i_{0\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})} \exp\left(\frac{\eta_{\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})}}{b_{\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})}}\right),$$

где  $b$  – константа уравнения Тафеля,  $\eta$  – перенапряжение, В;  $i_0$  – плотность тока обмена, А/м<sup>2</sup>.

Катодные процессы (3) и (4) описывается следующим уравнением:

$$i_{\text{общий}} = \frac{i_{ze} i_{\text{пред},ze}}{i_{ze} + i_{\text{пред},ze}},$$

где  $i_{ze} = i_{0ze} \exp\left(\frac{\eta_{ze}}{b_{ze}}\right)$ ;  $i_{\text{пред}}$  – плотность предельного тока, А/м<sup>2</sup>.

На рисунке 1 представлены опытные и смоделированные поляризационные кривые цинкового покрытия в 3 % NaCl.

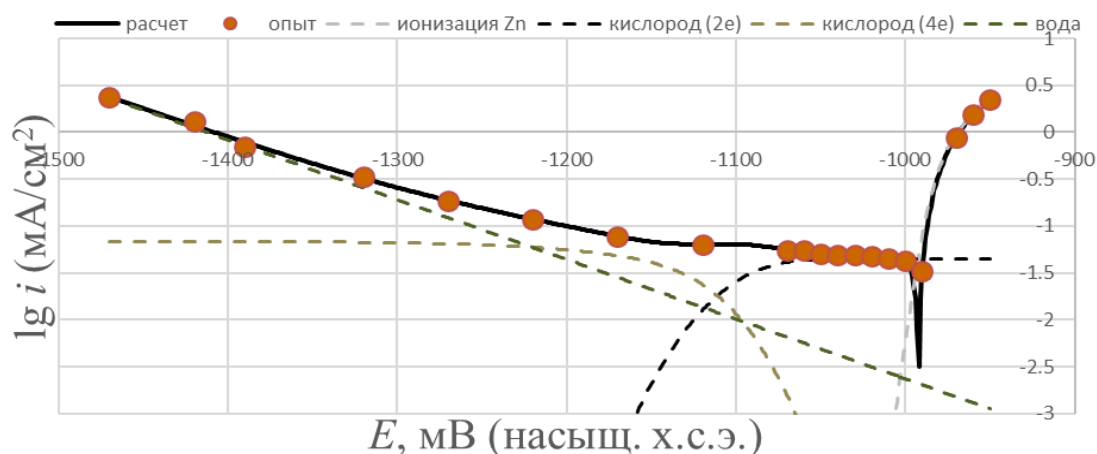


Рисунок 1 – Поляризационные кривые цинкового покрытия в 3 % NaCl

С. А. Габец, И. А. Бушкевич, С. Ю. Седышев  
(ВАРБ, Минск)

### МОДЕЛЬ ФЛУКТУАЦИЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЦЕЛИ

При проектировании радиолокационного обнаружителя часто используют модели Сверлинга [1] благодаря их простому применению. Модели флуктуаций последовательности отраженного сигнала (ОС), предложенные А. Е. Охрименко [2] являются более сложными при сравнении с моделями Сверлинга, но имеют следующие преимущества:

- 1) Учитывают корреляционные характеристики сигнала, а не только число импульсов, отраженных за время наблюдения;
- 2) Учитывают рассогласование, если такое имеется, корреляционных характеристик ОС и параметров радиолокационного обнаружителя;
- 3) Структура радиолокационного обнаружителя способна включать этапы когерентного и некогерентного накопления (КН и НН), а при использовании моделей Сверлинга один из этапов отсутствует.

Все модели флуктуаций последовательности отраженного сигнала Сверлинга и Охрименко имеют  $\chi^2$ -распределение и отличаются лишь параметрами плотности распределения вероятности (ПРВ).

Модель частично-когерентной пачки ОС является более общей. В известной литературе такая модель применяется только при равных параметрах ПРВ (равном числе степеней свободы  $\chi^2$ -распределение),

что обусловлено фиксированными параметрами устройств КН, НН, и устройства принятия решения.

Предлагается использовать модель частично-когерентной пачки ОС с различными параметрами ПРВ сигнала и фона. Использование такой модели приводит к необходимости оценки корреляционных свойств ОС и перераспределении времени наблюдения между этапами КН и НН. При этом потери в дальности обнаружения, в сравнении с потенциальными, снижаются за счет большей трансформации ПРВ фона, и в результате чего, порог обнаружения снижается, но уровень ложных тревог выдерживается заданный. Снижение порога приводит к увеличению дальности обнаружения радиолокатора.

### Литература

1 Кузьмин, С.З. Цифровая радиолокация / С. З. Кузьмин. – Введение в теорию. – Киев : КВиЦ, 2000. – 426 с.

2 Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А.Е. Охрименко. – Ч.1. Основы радиолокации: учеб. для высших училищ ПВО. – М. : Воен. издат., 1983. – 456 с.

**А. В. Геврасёв, В. Е. Быховцев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАДКИ КОРОБЧАТОГО ФУНДАМЕНТА НА НЕЛИНЕЙНО- ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

В качестве модельной задачи был принят большеразмерный коробчатый фундамент размеров 300 x 60 см. при заданной нагрузке ( $P = 1,43$  кН) на нелинейно-деформируемом грунтовом основании. Необходимо исследовать и оценить осадку плиты. Предполагается, что по всей контактной поверхности имеется полное сцепление материала плиты с грунтом.

При этом для исследования осадки плитного коробчатого фундамента производился численный анализ:

- влияние размеров верхнего основания на изгиб плиты;

Таблица 1 – Модельная задача № 1

Толщина верхнего основания (см.)	20	18	16	12	10	8
Нелинейные перемещения (см.)	2.3	2.22	2.17	2.03	1.86	1.79

• влияние дополнительных внутренних стенок на изгиб плиты при наличии излома.

Таблица 2 – Модельная задача № 2

Количество и размер дополнительных опорных стен (шт./см.)	0 шт.	1 шт.	2 шт.
	–	40 x 40	40 x 40
Нелинейные перемещения (см.)	1.86	1.95	2.27

На основе проведенного численного анализа компьютерного моделирования сделаны следующие выводы:

Толщина верхнего основания влияет на осадку незначительно (~4 %). Оптимальная толщина верхнего основания 12 см.

Излом в плитном коробчатом фундаменте можно устранить путем добавления двух опорных стен.

Плитный коробчатый фундамент можно минимизировать, а затраты на материал сделать минимальными.

## Литература

1 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины. – 2007. – 219 с.

**А. К. Головнич**  
(БелГУТ, Гомель)

## ВОЗМОЖНОСТИ 3D-МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В настоящее время достигнутые вычислительные возможности современных компьютеров позволяют рассчитывать многочисленные эффекты взаимодействия объектов сложных технических систем. Становится возможным реалистичная имитация различных процессов на наглядных

трехмерных моделях. Изменение состояний модельных объектов воспринимается как отражение реальных процессов, происходящих в функционирующих технических системах. Однако многие модельные процессы оказываются достоверными лишь в расчетной точке или в некоторой малой временной окрестности. Воспроизведение реальных процессов в динамической модели сопряжено с проблемами моделирования влияний и следствий действия физических законов. Реализация подобной модели представляется как достаточно сложная задача исследования динамики контактного взаимодействия деформируемых твердых тел.

Практическая ценность данной модели может быть весьма высока, особенно, когда она решает задачи, например, обеспечения транспортной безопасности. В качестве примера можно рассмотреть такую сложную техническую систему как железнодорожная станция, которая функционирует в условиях постоянного активного влияния гравитационных и электромагнитных сил. Благодаря скатывающимся в горки вагонам под действием сил тяжести и их последующего торможения выполняется важная технологическая операция расформирования поездов. Наличие трехмерной модели железнодорожной станции, на которой реалистичные по виду вагоны и локомотивы перемещались бы по модельным путям в полном соответствии с физическими процессами реальных прототипов, позволило бы прогнозировать возникновение и развитие негативных и опасных эффектов, упреждая тем самым многие аварии и крушения. Использование такой модели в качестве рабочего тренажера трудно переоценить. Выбор исходных состояний объектов системы, потенциально приводящих к опасным ситуациям, можно многократно «проигрывать» на экране дисплея, сокращая и ускоряя таймер модели, масштабно детализируя поверхности взаимодействующих объектов, снимая показания с виртуальных датчиков по достигаемым напряжениям и деформациям.

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

**ДЕМПФИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО МАЯТНИКА  
ОПТИМАЛЬНЫМИ УПРАВЛЕНИЯМИ  
КУСОЧНО-ЛИНЕЙНО-НЕГЛАДКИХ ЗАДАЧ**

Рассмотрим нелинейную модель математического маятника:

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

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

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

Традиционно при малых начальных отклонениях  $|x_{10}| + |x_{20}|$  для гашения колебаний маятника около устойчивого нижнего состояния равновесия  $(0, 0)$  используют линейное уравнение  $\ddot{x} + x = u$ . Но если начальное состояние значительно удалено от  $(0, 0)$ , то с помощью такой линеаризации решить эту задачу часто просто невозможно. Здесь для исследования поведения нелинейной системы вводится ее кусочно-линейная аппроксимация, что позволяет решать задачу демпфирования для любых начальных возмущений и движений маятника.

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

Для построения определенной выше обратной связи используется реализация в режиме реального времени позиционного решения следующей кусочно-линейно-негладкой задачи

$$B_\theta(z) = \min \int_0^\theta |u(t)| dt, \quad \ddot{x} + f(x) = u, \quad (x(0), \dot{x}(0)) = z, \quad (3)$$

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

$f(x) = x - 2k\pi$ ,  $x \in [-\pi/2 + 2k\pi, \pi/2 + 2k\pi]$ ,  $f(x) = -x + (2k+1)\pi$ ,  $x \in [\pi/2 + 2k\pi, 3\pi/2 + 2k\pi]$ ,  $k \in Z$ . При этом минимум в задаче (3) берется дополнительно и по моментам переключения функции кусочно-линейной аппроксимации с одного линейного участка на другой.

Построенные демпферы программно реализованы, просчитаны тестовые примеры.

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

## **НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ЗАДАЧИ АППРОКСИМАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Известны и широко применяются нейронные сети (НС) для решения задач аппроксимации экспериментальных данных [1]. Известна модульная нейронная сеть (МНС), которая позволяет разбить входное  $n$ -мерное пространство на разные области (кластеры), и каждой такой области поставить в соответствии некоторое числовое значение аппроксимируемой функциональной зависимости экспериментальных данных.

С целью повышения точности аппроксимации экспериментальных данных посредством МНС предлагается использовать архитектуру НС, содержащую входной слой нейронов, слой нейронов Кохонена, слой нейронов радиально-базисной сети (РБС) и выходной слой в виде одного нейрона с возможностью определения последним значения аппроксимируемой функциональной зависимости экспериментальных данных. Входной слой распределяет компоненты входного  $n$ -мерного вектора экспериментальных данных  $X$  на все нейроны слоя Кохонена и все нейроны РБС. Каждый нейрон слоя Кохонена имеет связь с соответствующими ему нейронами РБС.

Обучение такой сети состоит из двух этапов. На первом этапе производится самообучение слоя Кохонена, на втором этапе по алгоритму обратного распространения ошибок происходит обучение РБС для соответствующего выходного нейрона Кохонена.

В процессе обработки входной информации слой Кохонена определяет принадлежность входного вектора к конкретному кластеру. В выходном слое производится агрегирование данных полученных в результате работы слоя Кохонена и слоя нейронов РБС. Слой функционирует в режиме аккредитации, номер активного нейрона Кохонена определяет номер активного нейрона выходного слоя РБС.

### **Литература**

1 Способ аппроксимации экспериментальных данных посредством нейронной сети: пат. 20115 Респ. Беларусь / А. А. Жук, В. М. Булойчик ; патентообладатель учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь». – № а20131548 ; заявл. 2013.12.20 ; опубл. 10.02.16 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 3. – С. 104.



**В. Ю. Кабат, Е. В. Комракова**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗВЕЗДОЧКИ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ОТВЕРСТИЯМИ ВО ВРЕМЯ ЕЕ РАБОТЫ**

Одной из ключевых деталей, применяемых во многих устройствах, использующих цепную передачу, является звездочка. При постоянной работе детали происходит износ и деформация, вследствие чего может наступить ее разрушение. Для того чтобы звездочка прослужила как можно больше времени, необходимо разработать математическую модель, учитывающую особенности деформирования данной детали.

Расчет проводился на основе метода конечных элементов [1]. При расчете учитывалась зависимость деформации звездочки от нагрузки. Предполагалось, что толщина детали значительно меньше линейных размеров; нагрузка осуществляется в плоскости детали. Таким образом, приходим к задаче о плоском напряженном состоянии.

Численному исследованию подвергалась звездочка из разных материалов, имеющая 8 зубцов, 1 отверстие в центре и 4 отверстия вокруг центра. Задавались геометрические параметры детали, а также граничные условия и силы, действующие на деталь.

Методика вычислений деформаций узлов реализована на языке высокого уровня C#. Разработанный программный комплекс позволяет быстро рассчитывать перемещения в узлах плоской конструкции. К достоинству разработанного программного продукта можно отнести прозрачность кода: модули имеют понятные названия и структуру, присутствуют комментарии. Это в свою очередь, позволяет данную программу адаптировать для решения другой задачи, в достаточно короткий промежуток времени.

Была проведена верификация разработанного программного продукта путем сравнения полученных результатов деформации с результатами, выдаваемыми стандартной программой ANSYS [2]. Отличие решений составляет не более 3 %.

### **Литература**

1 Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 392 с.

2 Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.

**П. С. Кабурнеев, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЕНИЙ МИНИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЗАДАННЫХ ДВИЖЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Пусть на промежутке  $t \geq 0$  динамическая система с управлением описывается уравнением

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0 \quad (x \in R^n, u \in R; \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n). \quad (1)$$

Наряду с уравнением (1) рассмотрим движение на фазовой плоскости  $x = x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , заданное кусочно-гладкой функцией. Будем говорить, что движение  $x_f(t)$ ,  $t \geq 0$ , осуществимо, если существует такое доступное управление:  $|u_f(t)| \leq L$ ,  $t \geq 0$ , что  $\dot{x}_f(t) = Ax_f(t) + bu_f(t)$ ,  $t \geq 0$ . Пусть  $G \subset R^n$  – область фазового пространства системы, что  $x_f(t) \in \text{int } G$ ,  $t \geq 0$ .

Функцию  $u = u(t, x)$ ,  $x \in G$ ,  $t \geq 0$ , назовем ограниченной дискретной 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 системы 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. Поэтому для решения указанной проблемы здесь используется реализация в режиме реального времени позиционного решения вспомогательной задачи оптимального управления:

$$B_\theta(\tau, z) = \min \rho, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(\tau) = z, \\ x(\tau + \theta) = x_f(\tau + \theta), \quad \tau \geq 0; \quad |u(t)| \leq \rho, \quad t \in T = [\tau, \tau + \theta]. \quad (2)$$

Задачи (2), рассматриваемые в классе кусочно-постоянных функций с периодом квантования  $\nu > 0$ , будут эквивалентны близким задачам кусочно-линейного 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.

**В. С. Казаков, Е. В. Комракова**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

### **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТОГО ДИСКА КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ**

Экстремальные условия работы элементов современных конструкций, сложность их формы и большие габариты делают исключительно трудным и дорогим осуществление натурного или полунатурного эксперимента, особенно, если речь идет об установлении предельных (разрушающих) нагрузок. Естественно, что необходим инженерный расчет таких конструкций на прочность и устойчивость при нагрузках. Одним из таких элементов является литой диск колеса автомобиля.

Численному исследованию подвергался литой диск колеса, имеющий 4 спицы, 1 отверстие в центре и 4 отверстия вокруг центра одинакового диаметра. Задавались силы, действующие на деталь, геометрические параметры, а также граничные условия.

Расчет проводился на основе метода конечных элементов. Суть этого метода состоит в следующем [1]: деталь дискретизируется, затем для каждого треугольного элемента рассчитывается матрица жесткости в предположении, что рассматриваемые элементы могут деформироваться только в своей плоскости, т.е. в предположении, что при нагрузках может возникнуть только плоское напряженное состояние. Затем, уравнения для отдельных элементов объединяется в единую систему линейных алгебраических уравнения (СЛАУ), решение которой дает вектор перемещений узлов.

Методика вычислений деформаций узлов реализована на языке программирования высокого уровня C#. В программе реализован графический интерфейс пользователя. Программа позволяет быстро и эффективно решить поставленную задачу, используя метод конечных элементов. Было проведено сравнение полученных результатов с результатами моделирования в пакете ANSYS [2]. Погрешность результатов находится в пределах нормы.

### Литература

- 1 Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л.Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 392 с.
- 2 Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера: Практическое руководство / А. Б.Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.

**Е. В. Комракова, К. С. Курочка**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ИЗГИБ ТОНКОЙ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНЫ ИЗ ОРТОТРОПНОГО МАТЕРИАЛА С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ТЕРМОУПРУГОСТИ**

Опыт эксплуатации современных устройств и механизмов приводит к тому, что появляется необходимость применения в них материалов с анизотропными свойствами. Применение таких материалов позволяет либо удешевлять эти механизмы, либо расширять спектр их применения. Одним из базовых элементов конструкций являются пластины, в том числе и тонкие. Учитывая то, что температурный диапазон эксплуатации механизмов все более расширяется появляется необходимость расчета их деформаций с учетом эффекта термоупругости, т.е. влияния температурных полей на механические деформации внутри пластин.

Рассматривается тонкая круглая пластина из ортотропного материала, толщиной 5 мм радиусом 200 мм. На данную пластину действуют нагрузка 120 кПа, равномерно распределенная по поверхности. Пластина жестко закреплена по своему периметру. Задается также разница температур между нижней и верхней плоскостями пластины. В начальный момент времени, предполагалось, что температура материала пластины равна температуре нижней поверхности.

Для создания математической модели применялась цилиндрическая система координат. Предполагалось, что материал пластины обладает круговой анизотропией. Напряжения и деформации связаны между собой стандартными выражениями для цилиндрической системы координат [1]. Для численного решения полученной математической модели использовался метод конечных элементов. Анализировались численные данные прогиба пластины с учетом установления температурного поля, т.е. рассматривался фактически переходной процесс.

Решение с помощью разработанной программы сравнивалось с решением из [2]. Максимальная погрешность решения не превышает 4 %, что является достаточным для инженерных приложений.

### Литература

- 1 Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 392 с.
- 2 Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер – М. : Мир, 1990. – 385 с.

**А. Н. Космачёв, Е. В. Комракова**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С РЕБРОМ ЖЕСТКОСТИ**

Одной из ключевых деталей, используемых в двигателях внутреннего сгорания, является шатун. Шатун соединяет поршень двигателя с коленчатым валом и во время работы двигателя передаёт все усилия от поршня на коленчатый вал и, наоборот, от коленчатого вала к поршню. С повышением работы двигателя увеличивается вибрация и, соответственно, нагрузка на шатун. Для определения оптимальных размеров шатуна, при котором он будет выдерживать большие нагрузки, была создана математическая модель, учитывающая особенности нагрузки на данную деталь

Для решения задачи использовался метод конечных элементов, была разработана программа моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции при наличии нагрузки. Общий алгоритм расчета МКЭ сводится к последовательности шагов (матричных операции),

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

в результате выполнения которых определяются необходимые параметры решения задачи (перемещения, деформации, напряжения)

Было разработано приложение на языке C#, моделирующее состояние шатуна двигателя под определенной нагрузкой, проведен аналогичный расчет в системе ANSYS. Полученные значения были представлены численно и графически. Различия между результатами расчетов не велики, что говорит о правильности реализации задачи в ANSYS

Разработанный программный комплекс позволяет достаточно быстро рассчитывать размеры шатуна двигателя. Он удобен в использовании и прост в обращении. Разработанное приложение можно применить, если нет возможности купить дорогостоящие комплексы.

## Литература

1 Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. — М. : Мир, 1975. — 541 с.

**Ю. В. Кравченя, О. В. Шило, Д. П. Кункевич**  
(БНТУ, Минск)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПАКТИРОВАНИЯ ПОРОШКОВ

Объект исследования – порошковая композиция на основе твердосплавных материалов (рисунок 1). Она сдавливается пуансонами 2 и 3 и подвергается действию электрического тока (рисунок 1). В результате среда уплотняется и консолидируется. Задача заключается в разработке модели, позволяющей рассчитывать такие параметры, как плотность, пористость, параметры напряженно-деформированного состояния «спёка».

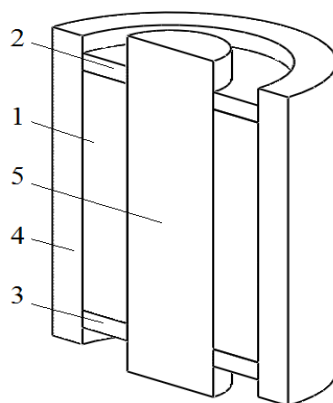


Рисунок 1

Специфическая особенность порошка – двойственность физических свойств: с одной стороны – это сыпучая среда, с другой – монолитные частицы. Деформация обусловлена как уплотнением среды, так и деформациями частиц.

Отмеченные обстоятельства затрудняют применение классических подходов прикладной механики либо механики сплошных сред. Для решения поставленной задачи предлагается многошаговая методика. На каждом шаге в зависимости от плотности определяются значения механических свойств сыпучей среды – модуль упругости, коэффициент поперечной деформации и др. [1]. Пересчитывается также удельное электрическое сопротивление. Полученные значения передаются в модель материала. К пуансонам прикладывается давление, выполняется расчет. По его результатам, в зависимости от перемещения пуансонов пересчитывается плотность. Если она не достигла плотности компактного материала, выполняется еще один шаг.

Верифицируется модель по кривой прессуемости – зависимости плотности порошка от оказываемого на него давления

Расчеты выполнялись в системе конечно-элементного анализа ANSYS. Пошаговый режим реализован при помощи APDL.

Предложенный подход позволяет моделировать протекание процесса компактирования, прогнозировать свойства изделия, возникновение и развитие дефектов.

### **Литература**

1 Жданович, Г. М. Механика порошковых материалов / Г. М. Жданович. – Минск : БНТУ, 2013. – 420 с.

**Н. К. Кузьмичёв, И. В. Чигирь, С. А. Горшков**  
(УО ВАРБ, Минск)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ПОМЕХОВЫХ СИТУАЦИЙ**

Работа радиолокационных станций (далее-РЛС) сопровождения воздушных объектов, находящихся в настоящее время в эксплуатации возможна в условиях так называемой «многоцелевой обстановки». Для такой ситуации характерна проблема селекции отражённого сигнала на фоне сигналов имитирующих помех и отражений от истинных и ложных целей.

В такой ситуации задающим воздействием для систем автоматического сопровождения РЛС по измеряемым координатам является сложный случайный ветвящийся процесс  $f(t, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ , где  $\alpha_i = \|\alpha_1 \ \alpha_2 \ \dots \ \alpha_k\|^T$  – векторпараметров [1], измеряемых РЛС,  $k$  – количество параметров,  $n$  – число сигналов (истинного и ложных) на входе следящих систем РЛС. В качестве параметров  $\alpha_i$  могут выступать дальность, высота, угловые координаты цели, либо их производные. Если РЛС, измеряемой дальность до цели и её угловые координаты, то вектор  $\alpha_i$  имеет вид  $\alpha_i = \|r_{ц} \ \beta_{ц} \ \varepsilon_{ц}\|^T$ . Входной процесс  $f(t, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ , с учётом вышесказанного можно определить как многомерный случайный процесс, элементами которого являются случайные векторные величины  $\alpha_k$ , характеризующие параметры  $k$ -го сигнала, поступающего на вход следящих систем РЛС.

Таким образом, входные сигналы следящих систем РЛС несут в своих параметрах информацию о траекториях движения  $(n-l)$  ложной и  $l$  истинных целей. Селекция сигналов, отражённых от истинных целей, на фоне  $(n-l)$  ложной в существующих РЛС осуществляется вручную, оператором, либо автоматическими системами селекции, осуществляющими анализ ограниченного числа параметров. Для повышения эффективности работы систем автоматической селекции важное значение имеет заложенная в основу их функционирования модель входного воздействия. Доклад посвящен моделированию случайного процесса, состоящего из смеси сигналов, отражённых от истинной и ложной цели и внутреннего шума приёмника РЛС с полным поляризационным приёмом.

## Литература

1 Горшков, С. А. Основы радиолокации : конспект лекций: Ч 3. / С. А. Горшков. – М. : Изд., 2015. – 177 с.

**Р. В. Кумашов, С. Д. Семенюк**

(ГУВПО «Белорусско-российский университет», Могилев)

## **СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НДС ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МОДЕЛИРОВАНИЕМ В ПК «ЛИРА»**

В программном комплексе (ПК) «Ли́ра» плита на упругом основании моделируется на примере железобетонной плиты 2ПП30.18-30 автомобильных дорог серии БЗ.503.1-1, предназначенной для временных



дорог. Для рассчитываемой плиты рассматривается 16 вариантов загрузок. На рисунке 1 приведена расчетная модель плиты в ПК «Лира».

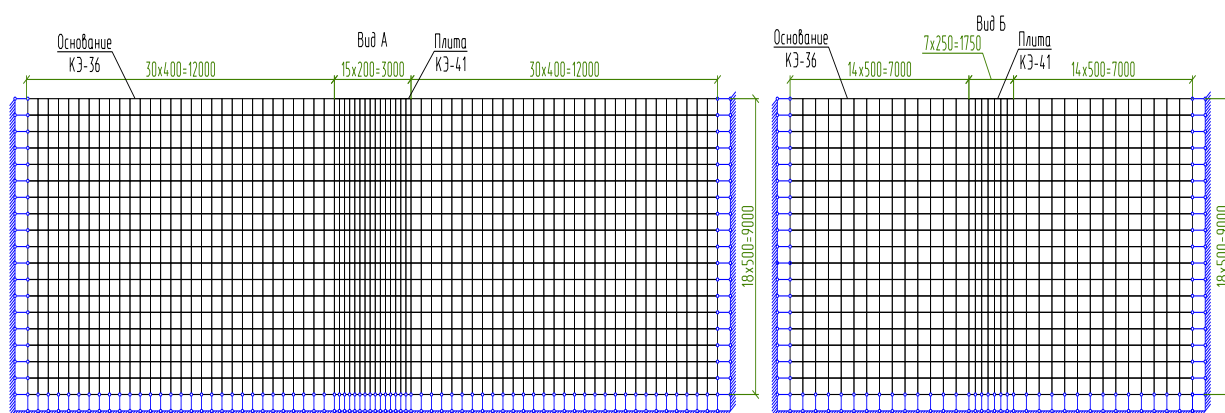


Рисунок 1 – Расчетная модель плиты

При постановке задачи используются следующие гипотезы и допущения: в зоне контакта плиты с упругим основанием возникают только нормальные напряжения, силы трения пренебрежительно малы; для плиты справедливы гипотезы теории изгиба.

В расчет принимаются следующие упругие характеристики: для плиты – конечный элемент КЭ-41,  $E = 31500 \text{ МПа}$ ,  $\nu = 0.167$ ,  $H = 17 \text{ см}$ ; для основания – конечный элемент КЭ-36,  $E = 25 \text{ МПа}$ ,  $\nu = 0.3$ .

Рассматриваемая выше плита была рассчитана способом Б.Н. Жемочкина (общая постановка и аналитическое решение) и, частично, методом Ритца (определение прогибов, исследование контактной зоны) с применением средств математического пакета «MathCad». Данный подход позволяет рассчитывать плиты различной формы в плане на произвольном упругом линейно деформируемом основании и нагруженные произвольной внешней нагрузкой, нормальной к срединной плоскости плиты.

В результате статического анализа параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) плиты на упругом основании, полученных при моделировании плиты в ПК «Лира» и при ее расчете способом Б.Н. Жемочкина, установлено, что различия в осадках основания и внутренних усилиях в плите, составляют 10–15 % в случае полного взаимодействия плиты и основания. Для более точного определения параметров НДС рекомендуется использовать способ Б.Н. Жемочкина и метод Ритца.

**В. О. Лазарь**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **ЭВОЛЮЦИОННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ: РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ**

Эволюционное программирование было изобретено доктором Лоренсом Дж. в 1960 году. Метод эволюционного программирования сегодня является одним из быстро развивающихся направлений. Основной идеей является формирование о зависимости целевой переменной от других переменных.

В настоящее время актуальными становятся задачи оптимизации, поиска, реализации распределенных и параллельных систем. Многие можно решить с помощью простых математических методов, а некоторые требуют индивидуальный подход. Эти задачи либо не разрешимы простыми методами, либо их решение потребует значительного времени и объема ресурсов. В процессе изучения различных подходов к решению таких задач выдвигается гипотеза что, решение задач возможно с помощью генетических алгоритмов. Основной моей задачей является разработка генетического алгоритма для решения задач, таких как, например, нахождение кратчайшего пути, решение Диофантовых уравнений.

Работа состоит из трех этапов:

- 1) Генерация промежуточной популяции, с помощью отбора текущего поколения
- 2) Скрещивание особей промежуточной популяции путем кроссовера, что приводит к формированию нового поколения
- 3) Мутация нового поколения.

В ходе работы доказывается, что задачи оптимизации успешно решаются с помощью генетических алгоритмов.

### **Литература**

1 Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – 2-е изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – С. 452.

**Ю. М. Масан, Н. В. Осипов, В. Е. Быховцев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ РИТ-СВАИ**

В данной работе рассматривается одиночная свая с одним уширением снизу, устроенная методом резонансно-импульсной технологии (РИТ). В зоне резонансно-импульсной обработки в грунтовом основании образуется уширение и уплотненная зона грунта, размеры которой зависят от силы взрыва и первичных характеристик грунта. В работе грунтовое основание считается однородным. В формализованной постановке данная задача является краевой задачей нелинейной математической физики. Математическая модель этой задачи построена на основе принципа стационарности полной энергии системы. Наиболее эффективным методом исследования этой модели будет метод конечных элементов в сочетании с методом энергетической линеаризации и специализированное ПО «Энергия-ОС» [1]. Методом численного анализа на основе указанных методик исследовались размеры и физико-механические характеристики зоны уплотнения и её влияние на несущую способность свай.

### **Литература**

1 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твердых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – 219 с.

**И. В. Мережа, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Рассмотрим динамическую систему ( $t \geq 0$ ):

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = x_0 \quad (x \in R^n, u \in R, \text{rank}(b, Ab, \dots, A^{n-1}b) = n). \quad (1)$$

Пусть доступными являются лишь ограниченные управления:  $|u(t)| \leq L$ ,  $t \geq 0$  ( $0 < L < \infty$ ). Обозначим через  $X_0 = \{x \in R^n : Ax + bu_x = 0, |u_x| \leq L\}$  – множество возможных состояний равновесия системы (1).

Пусть заданы число, вектор и область:  $0 < L < \infty$ ,  $z \in \text{int } X_0$ ,  $G \subset R^n$  ( $z \in G$ ). Функцию  $u = u_z(x)$ ,  $x \in G$ , назовем ограниченной обратной связью, решающей классическую задачу регулирования для системы (1) в области  $G$ , если: 1)  $u_z(z) = u_z$ ; 2)  $|u_z(x)| \leq L$ ,  $x \in G$ ; 3) замкнутая система

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

имеет решение  $x(t) \in G$ ,  $t \geq 0$ , для всех  $x_0 \in G$ ; 4) состояние равновесия  $x(t) \equiv z$ ,  $t \geq 0$ , системы (3) асимптотически устойчиво в  $G$ .

При этом естественно потребовать, чтобы дополнительно: 5) область притяжения  $G$  состояния равновесия  $z$  была достаточно большой; 6) переходные процессы в замкнутой системе (3) были в некотором смысле наилучшими. Поэтому для решения указанной проблемы здесь используется следующая линейно-квадратичная (вспомогательная) задача оптимального управления

$$B_\theta(y) = \min \int_0^\theta (u(t) - u_z)^2 dt, \quad \dot{x} = Ax + bu, \quad x(0) = y, \quad x(\theta) = z, \quad (4)$$
$$|u(t)| \leq L, \quad t \in T = [0, \theta] \quad (0 < \theta < \infty - \text{параметр метода}).$$

Пусть  $G_\theta$  – множество всех состояний  $y$ , для которых задача (4) имеет оптимальную программу  $u_z^0(t | y)$ ,  $t \in T$ . Функция  $u_z(y) = u_z^0(0 | y)$ ,  $y \in G_\theta$ , называется оптимальным стартовым управлением типа обратной связи для задачи (4). Показывается, что стартовая обратная связь обладает свойствами, указанными выше. Обосновывается алгоритм работы регулятора, вырабатывающего реализацию регулирующей обратной связи в режиме реального времени. Алгоритм программно реализован на языке С. Результаты иллюстрируются на примере регулирования динамической системой четвертого порядка.

**П. Д. Минина, Ю. Е. Летунович**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ ПРИ ЗАДАННОЙ ПОЛЕЗНОСТИ**

В работе представлена компьютерная программа на языке C++, позволяющая моделировать поведение потребителя. Рассмотрены следующие функции полезности: степенная аддитивная, степенная мультипликативная и логарифмическая. Для каждого случая решена задача потребительского выбора [1], рассчитаны следующие показатели потребления:

средняя полезность, предельная полезность [2], предельная норма замещения [3]. Программа позволяет классифицировать потребляемые товары и определять выбор потребителя при заданной полезности [1].

Преимуществами написанной программы является универсальность относительно моделирования спроса для нескольких функций полезности в одной программе, обработка различного рода ошибок ввода данных, расчёт большого количества показателей в одной программе. Результат работы программы совпал с данными, полученными вручную.

Для результатов, полученных с помощью разработанной программы, проведен сравнительный анализ и планируется усовершенствовать программу путем добавления вывода отчета со сводными данными.

### Литература

- 1 Замков, О. О. Математические методы в экономике: учебник : 2-е изд. / О. О. Замков, А. В. Толстопятенко, Ю. Н. Черемных. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, Издательство «Дело и Сервис», 1999. – 368 с.
- 2 Карелина, И. Г. Математические модели микроэкономики. Для студентов 3–4 курсов математического и экономического факультетов / И. Г. Карелина. – Воронеж : Воронеж, 2001. – 38 с.
- 3 Гринева, Н. И. Экономико-математическое моделирование: математическое моделирование микроэкономических процессов и систем : учебное пособие / Н. И. Гринева. – М. : Финакадемия, 2008. – 104 с.

**А. И. Разгон, В. Е. Быховцев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РАВНОВЕЛИКИХ ПО ОБЪЕМУ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СВАЙ НА ИХ ОСАДКУ В НЕЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ**

Рассматривается свая, устроенная методом резонансно-импульсной технологии (свая-РИТ). В настоящей работе свая и её однородное грунтовое основание рассматривались как единая неоднородная система деформируемых твёрдых тел.[1] В формализованной постановке это будет краевая задача математической физики. Исследовалось влияние на осадку сваи её боковой поверхности при изменении геометрических параметров, но при условии постоянства её объема. Было построено

5 модельных задач. При этом радиус менялся в диапазоне 5(5)25. Длина сваи рассчитывалась в зависимости от значения радиуса по формуле  $h_i = \frac{V_0}{\pi r_i^2}$ , боковая поверхность сваи вычислялась по формуле  $S = 2\pi r h$ . Исследование проводилось методом компьютерного моделирования с помощью программного комплекса «Энергия - ОС».

На основе проведенного численного анализа компьютерного моделирования сделаны следующие выводы: исследование полученных результатов показало, что деформация грунтового основания одиночной прямой сваи изменяется в зависимости от ее контактной поверхности, действующей внешней силы. При изменении диаметра сваи от 25 см до 10 см, но сохраняя её объем, деформация грунтового основания становится меньше. При диаметре сваи менее 10 см деформация грунтового основания становится больше. Для рассматриваемой сваи оптимальный диаметр 10–15 см.

### Литература

1 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины. – 2007. – 219 с.

**Р. В. Сафаров, В. Л. Ланин**  
(БГУИР, Минск)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ УЗЛАХ

Металлокерамический узел (МКУ) – это неразъемное соединение деталей из металла и керамики, обычно получаемое пайкой. Подобные узлы широко применяются в приборостроительной, радиоэлектронной, электронной промышленности для изготовления корпусов интегральных схем и других изделий. Пайка металлокерамических узлов выполняется в конвейерной водородной печи с градиентом температуры 10–15°С/мин на стадии перехода припоя из жидкого состояния в твердое.

Из-за того, что пайка проходит при повышенных температурах, а материалы МКУ обладают различным коэффициентом теплового расширения, то после пайки и охлаждения изделия в нем возникают термомеханические напряжения. Целью моделирования является определение

зон возникновения термомеханических напряжений в МКУ и разработка рекомендаций по их уменьшению. Особое внимание уделяется напряженно-деформированному состоянию керамической детали, как наиболее хрупкой части узла [1].

Инструменты ANSYS Mechanical для анализа деформируемых твердых тел предлагают широкий набор возможностей, которые позволяют выполнять моделирование термомеханических напряжений. Для расчета термомеханических напряжений и деформаций использованы соответствующие уравнения термоупругости [2]. Выполнено параметрическое исследование зависимости максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от зазора для пайки, где величина зазора между деталью из ковара и керамикой варьировалась в пределах 10–200 мкм. Выявлены зависимости напряжений от величины зазора между деталью из ковара и керамикой, а также зависимости напряжений для варианта с фасками. Сделан вывод о том, что вариант с фасками в МКУ более предпочтителен для применения ввиду сниженных значений термомеханических напряжений, возникающих в керамических деталях. Пониженные напряжения снижают риск образования и распространения трещин, что, несомненно, благоприятно сказывается на сроках и допустимых режимах эксплуатации МКУ.

### Литература

- 1 Солодуха, В. А. Металлокерамические корпуса мощных полупроводниковых приборов / В. А. Солодуха, А. С. Турцевич, А. Ф. Керенцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 216 с.
- 2 Sharcnet [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/>. – Дата обращения: 12.02.2017.

**М. В. Свинарский, А. С. Храменков, С. Н. Ярмолик**  
(ВАРБ, Минск)

### **УЧЕТ ГИПОТЕЗЫ О ПРОДОЛЖЕНИИ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ**

Разработка любого радиолокационного устройства предполагает анализ эффективности его функционирования на этапе проектирования,

до изготовления и проведения полигонных испытаний. В связи с этим задача аналитического расчета показателей качества не теряет своей актуальности.

Целью доклада является расширение возможностей аналитического метода расчета показателей качества функционирования последовательной процедуры распознавания радиолокационных объектов. Особенностью разработанного метода расчета показателей эффективности последовательной процедуры классификации является учет гипотезы о продолжении наблюдения.

Расчет показателей качества последовательной процедуры предполагает следующие операции:

- 1) получение аналитического выражения для многомерной плотности вероятностей (МПВ) межканальных разностей без учета гипотезы о продолжении наблюдения;
- 2) аппроксимация МПВ численным методом Монте-Карло;
- 3) учет гипотезы о продолжении наблюдения путем использования требуемого нелинейного преобразования над совокупностью случайных отсчетов;
- 4) интегрирование полученной МПВ методом Монте-Карло.

Разработанная методика позволяет рассчитывать показатели качества последовательного алгоритма распознавания на этапе его проектирования, с сокращением времени в 2,5 – 5 раз, по сравнению с имитационным математическим моделированием. Точность и эффективность предложенной методики была подтверждена методом статистического моделирования процесса принятия решения устройством последовательного распознавания при формировании реализаций входных портретов с помощью программного комплекса моделирования радиолокационных сигналов [1].

## Литература

- 1 Конструктор объектов программного комплекса моделирования радиолокационных сигналов / Солонар, А.С. [и др.] // Доклады БГУИР, 2014. – № 6 (84). – С. 60–66.



**А. А. Свириденко, Г. А. Филиппович**  
(ВАРБ, Минск)

## **МЕТОД СИНТЕЗА ПО ДАРЛИНГТОНУ ДЛЯ ЦЕПЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

К настоящему времени существует большое многообразие методов синтеза передаточных функций для цепей с сосредоточенными параметрами. Особое место среди них занимает метод Дарлингтона, согласно которому любую положительную вещественную функцию входного сопротивления можно реализовать в виде реактивного четырехполюсника, нагруженного на единственное резистивное сопротивление. Это следствие широко использовалось в работах по широкополосному согласованию. Ценность метода Дарлингтона состоит прежде всего в том, что синтезируемая цепь не содержит резистивных элементов, поглощающих мощность передаваемого сигнала. Решение задачи синтеза по Дарлингтону представлено в виде матрицы сопротивлений (проводимостей) недиссипативного четырехполюсника.

В этой связи интерес представляет возможность распространения подобного подхода к синтезу и на цепи с распределенными параметрами. Полученное решение задачи можно представить следующим образом. Исходная функция коэффициента отражения, являющаяся ограниченной вещественной функцией представлена в виде отношения полиномов. Решение найдено в виде матрицы рассеяния недиссипативной цепи

$$\begin{aligned} S_{11}(s) &= \frac{m_1(s) + n_1(s)}{m_2(s) + n_2(s)}, \quad S_{22}(s) = \frac{m_1(s) - n_1(s)}{m_2(s) + n_2(s)}, \\ S_{12}(s) &= \frac{\sqrt{n_1(s)^2 - m_1(s)^2 - n_2(s)^2 + m_2(s)^2}}{m_2(s) + n_2(s)}. \end{aligned} \quad (1)$$

Полученные результаты могут использоваться для решения широкого круга задач синтеза устройств с распределенными параметрами.

### **Литература**

- 1 Филиппович, Г. А. Широкополосное согласование сопротивлений / Г. А. Филиппович. – Минск, 2004. – С. 43.
- 2 Kurokawa, K. Power Waves and the Scattering Matrix / K. Kurokawa. – IEEE Trans, 1965. – MTT-13, № 2. – 194 p.

**Г. С. Селеня, Р. В. Кочетков, Ю. Е. Лившиц**  
(БНТУ, Минск)

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА. ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА SIMULINK/MATLAB**

Разработка манипулятора промышленного робота является достаточно сложной задачей и требует значительных затрат на создание конструкторской документации и испытаний. С целью сокращения затрат на разработку, изготовление и проведение испытаний манипулятора акцент был поставлен на моделирование конструкции. Для моделирования манипулятора использовался пакет Simulink, входящий в программу MatLab. Полученная 3D модель позволила:

1. Промоделировать перемещения манипулятора в рабочей зоне (анализ траектории).
2. Сделать расчёт нагрузок на элементы системы с учетом грузоподъемности манипулятора.
3. Оптимизировать конструкцию в целом.
4. Максимально удешевить манипулятор.

Результатом моделирования стал манипулятор (рисунок 1). Были решены задачи: обратная и прямая задача кинематики, уменьшения веса, упрощения конструкции.

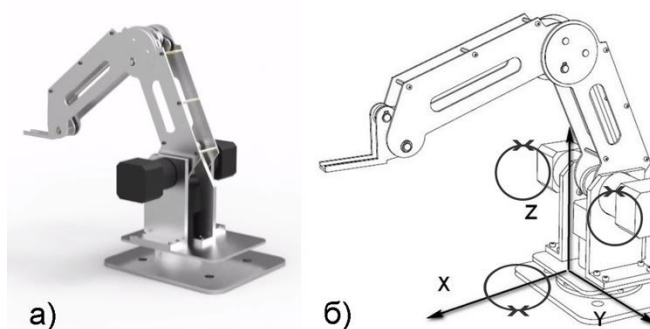


Рисунок 1 – Вид манипулятора:  
а) внешний вид; б) расположения двигателей

### **Литература**

1 Мусалимов, В.М. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics) : учебное пособие для высших учебных заведений / В. М. Мусалимов. – СПб : НИУ ИТМО, 2013. – 114 с.

**К. О. Сивая, В. Е. Быховцев**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОГО ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НА КОНФИГУРАЦИЮ И ОСАДКУ ОДИНОЧНОЙ СВАИ**

Рассматривается одиночная свая длиной 380 см с уширением и без него в неоднородном грунтовом основании: на уровне середины сваи залегает торфяная линза с физическими характеристиками: модуль деформации  $E = 25 \text{ кг/см}^2$  и коэффициент Пуассона  $\mu = 0,41$  Мпа. Так же в однородном грунтовом основании исследуется конфигурация одиночной сваи. В настоящей работе свая и её грунтовое основание рассматривались как единая неоднородная система деформируемых твёрдых тел. В формализованной постановке это будет краевая задача математической физики. Её исследование проводилось методом математического и компьютерного моделирования. При этом для исследования осадки сваи производился численный анализ:[1]

- 1) влияния высоты конфигурации прямой сваи на её осадку,
- 2) изменения осадки одиночной прямой сваи в неоднородном грунтовом основании в зависимости от его структуры,
- 3) влияния конфигурации прямой сваи на её осадку в неоднородном грунтовом основании.

Компьютерное моделирование производилось с помощью программного комплекса «Энергия - ОС».

На основе проведенного исследования выяснилось, что в однородном грунтовом основании наличие уширения влияет на осадку: уменьшает на  $\approx 8 \%$ . Высота устройства уширения влияет несущественно на осадку сваи.

Неоднородная структура грунтового основания влияет на осадку одиночной прямой сваи. Наличие устройства уширения сваи в конкретно рассматриваемой неоднородной структуре грунтового влияет на ее осадку. При наличии уширения в неоднородном грунтовом основании, осадка сваи изменяется.

Таким образом, в неоднородном грунтовом основании для конкретно поставленной задачи оптимально использовать сваю с уширением с условием того, что устройство уширения установлено ниже однородности.

## Литература

1 Сивая, К. О. Компьютерное моделирование влияния неоднородности структуры грунтового основания на конфигурацию и осадку одиночной сваи / К. О. Сивая, В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины. – 2016. – 266 с.

**Е. А. Сигай, С. В. Босаков**  
(БелГУТ, Гомель)

### **РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Предлагается подход, позволяющий рассчитывать фундаментные плиты без построения конечно-элементной системы «основание-плита-надфундаментное строение». Этот подход основан на очевидном предположении, что надфундаментная часть сооружения обладает бесконечно большой изгибной жесткостью. Это позволяет считать, что места контакта надфундаментной части и фундаментной плиты на стадии эксплуатации находятся в одной плоскости. Данное предположение реализовано способом Б. Н. Жемочкина на двух примерах.

Рассмотрим фундаментную плиту переменной изгибной жесткости на упругом основании в виде полуплоскости с постоянными  $E_0$ ,  $\nu_0$  под действием внешней симметричной вертикальной нагрузки. В местах плиты, где опираются стены надфундаментной строения, изгибная жесткость плиты принимается бесконечной. В этих местах от надфундаментной части передаются неизвестные изгибающие моменты. На контакте плиты и основания не учитываем касательные напряжения.

При численной реализации плита разбивалась на 31 участок Б. Н. Жемочкина. Жесткие вставки на плите принимались длиной 3,5,3 участка соответственно. Вертикальная нагрузка принималась равной  $P$ ,  $2P$ ,  $P$ . Упругое основание моделировалось упругой полуплоскостью.

Внешний вид графика осадок точек плиты говорит о том, что рассчитываемая фундаментная плита переменной жесткости под действием внешней симметричной нагрузки перемещается как жесткий штамп. Подтверждением этому является график контактных напряжений, где контактное напряжение в середине плиты по расчету равно  $1.289 P/2l$  (по точному решению –  $4P/\pi l$ ). Изгибающие моменты от действия

надфундаментной части соответственно получились равными  $-0.052Pl$ ,  $0$ ,  $0.052Pl$ .

Расчеты фундаментных плит в системе «основание-плита-надфундаментное строение» можно выполнять отдельно от «основание - надфундаментное строение». Для этого нужно знать функцию осадок основания от сосредоточенной силы и места опирания на плиту надфундаментного строения, которые моделируются как участки плиты с бесконечной жесткостью. Для таких расчетов удобно пользоваться способом Б. Н. Жемочкина.

**К. И. Слесаренко, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Для обеспечения безопасной и эффективной работы в режимах эксплуатации и ремонта электрооборудования необходимо знать фактический уровень надежности электрооборудования с учетом воздействия реальных эксплуатационных факторов. Поэтому разработка методов и математических моделей количественной оценки показателей эксплуатационной надежности и эффективности работы электрооборудования является актуальной.

С проблемой надежности электрооборудования и объектов электроснабжения связаны следующие практические задачи:

- прогнозирование надежности оборудования и установок;
- нормирование уровня надежности;
- испытания на надежность;
- расчет и анализ надежности;
- оптимизация технических решений по обеспечению надежности при создании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем;
- экономическая оценка надежности.

Существует ряд разработанных методов контроля и управления случайными процессами, основной целью которых является обеспечение экономичного обслуживания по состоянию. Следует особо отметить, что все эти математически строгие результаты доведены до алгоритмов, пригодных к практическому использованию.

Основными факторами, влияющими на эффективность функционирования системы ТО, являются показатели надежности объекта, а также время поиска и продолжительность плановых и аварийно-восстановительных работ. Библиотека данных по результатам накопленных сведений и проводимых исследований включает результаты исследований применяемого и нового оборудования.

Разработанный программный инструментарий по оптимизации технических решений связан с элементами обеспечения надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем. Результаты исследования позволяют установить «узкие места» в обеспечении надежности, разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования и прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации.

**С. В. Ткачук, В. В. Борушко, В. И. Гладковский**  
(БрГТУ, Брест)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАМЕРЗАНИЯ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ COMSOL MULTIPHYSICS**

Для решения задачи моделирования процесса замерзания воды при различных внешних условиях применена среда моделирования COMSOL Multiphysics 5.2a, предназначенная для решения научных и технических проблем, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных.

В этой среде была построена модель ёмкости с водой, находящейся в морозильной камере.

Процесс распространения тепла по системе, определяется уравнением теплопроводности:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

где  $\rho$  – плотность,  $C_p$  – теплоемкость,  $k$  – теплопроводность,  $T$  – температура.

Объём морозильной камеры принимался равным 0,025 м<sup>3</sup>, масса воды 0,4 кг, масса стакана 0,074 кг.

Для рассматриваемой модели задавались следующие граничные условия:

1. Нижняя поверхность морозильной камеры находилась при стабильной температуре 257 К.

2. Начальная температура воды и стакана задавалась равной 293 К.

3. Начальная температура морозильной камеры задавалась равной 257 К.

4. На всех внешних поверхностях стакана и воды задавалось стандартное условие конвективного теплообмена:

$$q_0 = h(T_1 - T_2).$$

5. На границах между элементами задавалось условие непрерывности теплового потока:

$$\frac{\partial T}{\partial n} = \frac{\partial T_c}{\partial n}.$$

Результатом работы модели стало определение времени полного замерзания воды, которое оказалось равным 13680 с.

**Д. Н. Трубенюк, К. С. Курочка**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ**

При моделировании исследуемых конструкций методом конечных элементов одним из самых главных и технически сложных этапов является формирование конечно-элементной модели. При исследовании трехмерных объектов сложность данной задачи увеличивается. Поэтому задача разработки алгоритма построения трехмерной модели с высокой точностью соответствия исходным геометрическим характеристикам исследуемого объекта является востребованной в данной области.

Для формирования трехмерной конечно-элементной модели объектов произвольной формы предлагается следующий алгоритм:

Шаг 1. Разбить объект на  $N$  двумерных областей с регулярным шагом по  $z$ .

Шаг 2. Внутри каждого двумерного объекта равномерно нанести произвольное количество точек (точность соответствия трехмерной модели зависит от количества точек и частоты их расположения).

Шаг 3. Произвести триангуляцию каждой двумерной области при помощи триангуляции Делоне на основе уже нанесенных точек (можно выбрать другой алгоритм триангуляции и отказаться от шага 2) [1].

Шаг 4. Произвести попарное объединение всех рядом стоящих областей. Область с меньшим количеством треугольников из пары считается базовой и привязывается к другой. Треугольники, находящиеся приблизительно друг под другом, объединяются в призмы. Затем каждая полученная призма разбивается на три тетраэдра. Для увеличения точности соответствия модели точки треугольников, которые находятся на границе базовой области, привязываются к свободным треугольникам другой области (при условии, что такие есть).

Предложенный алгоритм может использоваться для конечно-элементного моделирования трехмерных объектов произвольной формы.

### Литература

1 Скворцов, А. В. Алгоритмы построения и анализа триангуляции / А. В. Скворцов, Н. С. Мирза. – Издательство томского университета, 2006. – 167 с.

**А. И. Урбанович, В. Р. Мисюк**  
(ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно)

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ**

Основной задачей работы является исследование алгоритмов поиска пути для определения оптимизированного маршрута сбора заказа для кладовщика на складе.

Проведя исследования методов хранения и организации складов наиболее крупных компаний, поставляющих товары по всему миру (Amazon, Zappos, Officedepot и др.), была выбрана система «Хаотичного хранения» – методика хранения, где каждая из полок в складе имеет уникальный штрих-код, к которому и привязываются товары.

Главная задача – построение оптимального маршрута для сборки выбранного заказа, поэтому нам необходимо выбрать алгоритм, наиболее подходящий типу нашего склада и методу отображения.

Программа будет воспринимать склад как матрицу, заполненную ячейками определенных типов. Это позволит вырабатывать наиболее



оптимальный путь четко размеченный по графу и отображать его в любом необходимом виде.

За основу взят «волновой алгоритм», который, как правило, состоит из следующих этапов: 1) инициализация стартовых параметров; 2) распространение волны от клетки к клетке увеличивая последующую на один пока не дойдет до необходимой клетки; 3) восстановление пути по соседним клеткам с наименьшим числом. Построение маршрута предусматривает множественный выбор, а поэтому данный алгоритм необходимо улучшить, т. к. в построение идет только для двух точек.

Всего есть три случая:  $N = 1$ ,  $N = 2$ ,  $N > 2$  ( $N$  – количество товаров). Первые два случая очевидны. В третьем случае организуем оптимизированный алгоритм подсчета от каждого товара к каждому по волновому алгоритму и при помощи изученных ранее алгоритмов Дейкстры и  $A^*$  можно построить кратчайший путь обхода товаров. В качестве обхода вариантов используется рекурсивная функция обрабатывающая бинарное дерево с нашими значениями. Остается только вызвать рекурсивную функцию, и мы получим кратчайший путь, для построения маршрута.

В заключении отметим, что система реализована на OS Android с использованием языка программирования Java, это продиктовано условиями мобильности и практичности.

**И. В. Чигирь, Н. К. Кузьмичев, С. А. Горшков**  
(ВАРБ, Минск)

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРИТЕРИЕВ ОБНАРУЖЕНИЯ УВОДЯЩИХ ПОМЕХ ПО ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ПРИ ИХ СОГЛАСОВАННОМ ПРИМЕНЕНИИ**

Сопоставление координатной информации, полученной по двум каналам автосопровождения (дальности и скорости) РЛС, позволяет своевременно обнаружить уводящее действие помехи. В интересах помехозащиты в РЛС используются критерии обнаружения (пороговый дальностный, скоростной, по ускорению). Для подавления РЛС КНИ противник применяет согласованный увод по дальности и скорости. Одновременное применение такого рода помех существенно повышает эффективность их действия.

Целями доклада являются: анализ эффективности критериев обнаружения уводящих помех по дальности и скорости при их согласованном применении; анализ ошибок определения местоположения РЛС на согласованность уводящего действия помех.

В докладе отмечено, что дальность и скорость истинной цели являются исходными параметрами при согласовании уводящих помех. Их противник должен учитывать для того, чтобы внезапное их изменение не позволило РЛС квалифицировать поведение целеподобной помехи как неестественное.

В любой момент времени РЛС воспринимает только радиальную составляющую скорости цели и может измерить дальность и скорость сближения только в радиальном направлении. Неточности определения противником частоты зондирующего сигнала, наклонной дальности, направления на РЛС приводят к скачкообразному поведению законов изменения имитируемого параметра.

Проведен расчет ошибок для различных условий. Построены соответствующие зависимости. Сделаны выводы о возможности выявления уводящих по дальности и скорости помех.

### Литература

1 Перунов, Ю.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Ю. М. Перунов, К. И. Фомичев, Л. М. Юдин; под ред. Ю.М. Перунова. – Изд. 2-е, испр. и дополн. – М. : Радиотехника, 2008. – 416 с.

**А. А. Шамына, В. Н. Капшай**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ГЕНЕРАЦИЯ СУММАРНОЙ ЧАСТОТЫ ОТ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРА МАЛЫХ РАЗМЕРОВ**

В настоящее время интенсивно развиваются направления оптики, связанные с нелинейными эффектами. Одно из возможных применений эффектов второго порядка – спектроскопия поверхностей наноразмерных частиц, основанная на генерации суммарной частоты, которая хорошо описывается моделью gNLRGD [1].

Пусть боковая поверхность цилиндрической частицы с высотой  $h \ll \lambda$  и радиусом основания  $a \ll \lambda$  покрыта тонким слоем толщины

$d_0 \ll a$  с нелинейными оптическими свойствами. В дипольной модели нелинейная часть поляризации второго порядка в точке  $\mathbf{x}$  задаётся уравнением (с суммированием по повторяющимся индексам)

$$P_i^{(2)}(\mathbf{x}) = \chi_{ijk}^{(2)}(\mathbf{x}) E_j^{(1)}(\mathbf{x}) E_k^{(2)}(\mathbf{x}),$$

где  $\chi_{ijk}^{(2)}$  – тензор нелинейной диэлектрической восприимчивости второго порядка, а  $E_j^{(1-2)}$  – это компоненты векторов электрической напряжённости падающих волн. Расположим эту частицу так, чтобы её ось совпадала с осью  $Oz$ , и направим на неё две плоских электромагнитных волны с амплитудами  $E_{1-2}$  и векторами поляризации  $\mathbf{e}^{(1-2)}$ .

Пользуясь моделью gNLRGD, вычислим генерируемое поле:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}^{(12)}(\mathbf{x}) = & 2\pi\mu_{12}[\omega_{12}^2 / c^2][\exp(ik_{12}r) / r]d_0ahE_1E_2(1 - \mathbf{e}_r \otimes \mathbf{e}_r) \times \\ & \times \left( \left( \chi_5^{(2)} + \chi_6^{(2)} + \chi_7^{(2)} \right) \left[ \mathbf{e}^{(1)} \times \mathbf{e}^{(2)} \right] - \left\{ \chi_5^{(2)} \mathbf{e}_z \left( \mathbf{e}_z \left[ \mathbf{e}^{(1)} \times \mathbf{e}^{(2)} \right] \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \chi_6^{(2)} \left[ \mathbf{e}^{(1)} \times \mathbf{e}_z \right] \left( \mathbf{e}_z \mathbf{e}^{(2)} \right) + \chi_7^{(2)} \left[ \mathbf{e}_z \times \mathbf{e}^{(2)} \right] \left( \mathbf{e}_z \mathbf{e}^{(1)} \right) \right\} / 2 \right), \end{aligned}$$

где  $\chi_{5-7}^{(2)}$  характеризуют нелинейные киральные свойства слоя,  $\mathbf{e}_z$  – это единичный вектор вдоль  $Oz$ ,  $\mathbf{e}_r$  – радиально направленный единичный вектор,  $\otimes$  означает тензорное произведение,  $r = |\mathbf{x}|$  – это расстояние до точки наблюдения, а  $\mu_{12}, k_{12}$  – это магнитная проницаемость и модуль волнового вектора на суммарной частоте  $\omega_{12}$ .

## Литература

1 Size dependence of second-harmonic generation at the surface of microspheres / S. Viarbitskaya, V. Kapshai, P. van der Meulen, T. Hansson // Physical Review A. – 2010. – V. 81. – P. 053850.

**А. В. Шах, О. М. Китурко**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ВЫБОРА ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОСТАВЩИКА РЕСУРСОВ

В современном мире логистика стала одним из важных компонентом экономики. Поэтому необходимость сокращения интервалов между

приобретением сырья и материалов и реализацией готовой продукции потребителю привело к масштабному применению различных методов и методик в практической экономической деятельности различных субъектов хозяйствования.

Эффективное управление закупками на предприятии может стать важным источником объявления конкурентного преимущества, в условиях жесткой конкуренции на рынке, которая сложилась в настоящее время, организации разрабатывают новые способы создания и доставки ценности покупателям. Одной из задач, решаемых закупочной логистикой, является выбор оптимального поставщика необходимой продукции.

При решении данной задачи был рассмотрен комбинированный метод, основанный на взаимодействии двух методов: метод экспертных оценок [1] и метод анализа иерархий [2]. Рассматриваемый метод реализуется в несколько этапов. Сначала производится структуризация задачи. Строится дерево иерархии – иерархическая структура, которая имеет несколько уровней. Его вершиной (первый уровень) является общая цель (выбор наилучшего поставщика). Затем структурируются частные (локальные) критерии. На самом нижнем уровне дерева иерархии находятся альтернативы (поставщики).

На втором этапе на всех уровнях иерархии (кроме первого) определяет в каждой группе критериев весовые коэффициенты ее членов, которые характеризуют их относительную важность с точки зрения критерия следующего, более высокого уровня. Альтернативы также сравниваются между собой по отдельным критериям с целью определения веса каждой из них.

На заключительном этапе на основе найденных весовых коэффициентов вычисляются оценки всех альтернатив по заданным критериям. Лучшей считается альтернатива, имеющая самую высокую суммарную оценку.

Результаты вычислений проводим с помощью программной реализации в среде Visual Basic for Applications, которая применяет технологию визуального программирования, позволяет структурировать таблицы, при этом создавая удобный ввод необходимых данных, и обладает всеми вычислительных возможностей Excel.

## Литература

- 1 Гаджинский, А.М. Практикум по логистике / А.М. Гаджинский. – 8-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. – 312 с.
- 2 Саати, Т. Принятие решений / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

**А. В. Шедко, Н. В. Головко, Н. В. Зеленковская**  
(БНТУ, Минск)

### **ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Управлять прибылью любого предприятия с широким ассортиментом продукции можно путем формирования оптимальной структуры ассортимента.

Если оценивать выгодность продукции с учетом потребностей рынка, ориентируясь на «узкие места» производства и сбыта, то в этом случае основным показателем, используемым в планировании объема производства, будет удельный маржинальный доход.

Для обеспечения оптимальной структуры в качестве целевой функции примем маржинальную прибыль:

$$F(x) = \frac{1}{100} * \sum_{i=1}^n x_i * [C_i * (1 + R_i) - b_i] \rightarrow \max \square,$$

где  $C_i$  – себестоимость единицы  $i$ -го вида продукции;

$R_i$  – рентабельность единицы  $i$ -го вида продукции;

$x_i$  – объем производства  $i$ -го вида продукции;

$b_i$  – переменные затраты на единицу  $i$ -го вида продукции.

При построении математической модели для оптимизации структуры ассортимента продукции промышленного предприятия: верхняя граница объема производства должна соответствовать прогнозируемому объему реализации; добавляется ограничение по наличию и использованию производственной мощности; сумма переменных затрат не должна превысить уровень за прошлый период; вводится система ограничений на неотрицательность.

Полученная оптимальная ассортиментная программа производства продукции, обеспечивающая максимальную маржинальную прибыль,

приведет к минимизации предпринимательского риска, связанного с деятельностью предприятия.

Предложенная модель опробована на предприятии ОАО «Полесье». Она может быть использована для всех промышленных предприятий Республики Беларусь.

## Литература

1 Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы : учеб. пособие / М. Г. Зайцев, С. Е. Варюхин. – М. : Дело АНХ, 2008. – 664 с.

**А. Ю. Шундрик, Е. В. Косарева**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТА В ПТО**

В статье исследуется стохастическая модель функционирования пункта таможенного оформления (ПТО) в виде сети массового обслуживания (МО) с разнотипными заявками, ограниченным временем пребывания заявок в очередях и зависимыми от времени параметрами потока и обслуживания. Сеть МО состоит из систем:  $S_0$  – пограничный пропуск на въезде в ПТО с территории РП,  $S_1$  – паспортный контроль,  $S_2, S_3$  – красный и зеленый канал соответственно,  $S_4$  – бокс углубленного досмотра,  $S_5$  – пограничный пункт пропуска в месте выезда на территорию РБ. Заявками являются прибывшие на территорию ПТО транспортные средства (т. с.), линиями обслуживания – работники ПТО. Пусть в сеть поступают простейшие потоки заявок с интенсивностями  $\lambda_c(t)$  (интенсивность поступления т. с. в красный и зеленый коридоры); закон обслуживания заявок в системе  $S_i$  экспоненциальный с интенсивностью  $\mu_i(t)$ ,  $m_i(t) \leq M$  – число линий обслуживания в  $S_i$ ,  $i = \overline{1,5}$ ,  $c = \overline{1,2}$ . Необходимо найти оптимальное число линий обслуживания в каждой системе, при котором минимизируются затраты на содержание ПТО:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^5 (d_{1i} m_i(t) + d_{2i} N_i^{(ou)}(m_1(t), \dots, m_5(t)) + d_{3i} m_i(t) \tilde{n}_i) \rightarrow \min_{m_i(t), i = \overline{1,5}}, \\ m_i(t) \leq M, i = \overline{1,5} \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tilde{n}_i$  – относительное число сотрудников, приходящееся на одну линию,  $N_i^{(ou)}(m_1, \dots, m_5)$  – среднее относительное число т.с., ожидающих в очереди в  $S_i$ ,  $d_{1i}$ ,  $d_{2i}$ ,  $d_{3i}$  – расходы, связанные с содержанием линий обслуживания, содержанием т.с. в очереди и зарплаты сотрудников в системе  $S_i$ , соответственно,  $i = \overline{1,5}$ . Задача (1) является задачей целочисленного программирования и решить ее можно методом полного перебора. Значения  $N_{ic}^{(ou)}(t), i = \overline{0,5}, c = \overline{1,2}$ , находятся методом разбиения фазового пространства состояний сети [1].

### Литература

1 Матальцкий, М.А. Стохастические сети с нестандартными перемещениями заявок : моногр. / М.А. Матальцкий, В.В. Науменко. – Гродно: ГрГУ, 2016. – 346 с.

**В. И. Ярмалкевич, В. М. Берикбаев**  
(ВАРБ, Минск)

### **АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

В настоящее время при оценке эффективности сложных организационных систем, в том числе военного назначения, ведущее место занимает математическое моделирование их функционирования. Существует большое количество аналитических математических моделей, с помощью которых можно производить оценку показателей эффективности таких систем. Большинство таких моделей реализовано в виде систем массового обслуживания (СМО). В них для анализа функционирования используются как марковские, так и немарковские случайные процессы.

Одной из особенностей математических моделей, реализованных в виде СМО, является то, что при оценке показателей эффективности сложных систем (СС) основное внимание уделяется особенностям функционирования самой системы. При этом описание элементов, поступающих в виде заявок на вход СМО, осуществлено с большой долей упрощений и допущений.

Для расчета показателей эффективности СС военного назначения разработана аналитическая математическая модель такой системы, учитывающая вышеперечисленные особенности. Модель представляется

в виде двухфазной СМО смешанного типа с ограничением на продолжительность времени ожидания начала обслуживания.

Учет рассредоточенности по параметрам осуществлен при помощи выбора соответствующего распределения заявок во входном потоке и длительности времени обслуживания в СМО. В качестве такого распределения использовано гиперэрланговское распределение, которое представляет собой аддитивную смесь нормированных распределений Эрланга.

Расчет модели осуществляется путем применения методики расчета вероятностей состояний системы методом вложенных цепей Маркова. В результате были получены выражения для вероятностей переходов между состояниями и средних времен пребывания системы в отдельных состояниях с учетом гиперэрланговского распределения длительности времен обслуживания в СМО. Это позволило «уйти» от фиксированных значений интенсивностей переходов между состояниями системы и осуществлять расчеты с учетом различных параметров заявок.

**С. Л. Яцино, Е. В. Комракова**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **ПРОГРАМНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Нейронная сеть в (теории искусственного интеллекта) – упрощённая модель биологической нейронной сети.

Нейронные сети возникли из исследований в области искусственного интеллекта, а именно, из попыток воспроизвести способность биологических нервных систем обучаться.

Обучение персептрона – это обучение с учителем, т. е. должен существовать набор векторов  $(X^k, y_k), k = 1, 2, \dots, p$ , называемый обучающей выборкой.

Алгоритм обучения персептрона включает несколько шагов:

Шаг 0. Проинициализировать весовые коэффициенты  $w_i, i = 1, \dots, n$  небольшими случайными значениями.

Шаг 1. Подать на вход персептрона один из обучающих векторов  $X^k$  и вычислить ее выход  $y$ .



Шаг 2. Если выход правильный ( $y = y_k$ ), перейти на шаг 4. Иначе вычислить ошибку – разницу между верным и полученным значениями выхода:  $\delta = y_k - y$ .

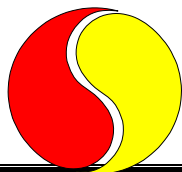
Шаг 3. Весовые коэффициенты модифицируются по следующей формуле:  $w_{ij}^{t+1} = w_{ij}^t + \nu \cdot \delta \cdot x_i$ . Здесь  $t$  и  $t + 1$  – номера текущей и следующей итераций;  $\nu$  – коэффициент скорости обучения ( $0 < \nu \leq 1$ );  $x_i$ -я компонента входного вектора  $X_k$ .

Шаг 4. Шаги 1–3 повторяются для всех обучающих векторов. Один цикл последовательного предъявления всей выборки называется эпохой. Обучение завершается по истечении нескольких эпох, когда сеть перестанет ошибаться [1].

В результате работы были рассмотрены основы теории искусственных нейронных сетей. Был изучен и реализован алгоритм обучения персептрона. Было разработано приложение, которое позволит распознать нарисованный пользователем символ, а также обучить нейронную сеть распознавать любой символ.

### Литература

1 Лепский, А.Е. Математические методы распознавания образов / А. Е. Лепский, А. Г. Броневиц. – Таганрог. : Изд-во: ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
И ИМИТАЦИОННОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
*Имитационное моделирование*

---

**Е. С. Абрамов, Е. И. Сукач**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПОТОКОВЫХ СИСТЕМ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ**

Потоковые системы относятся к классу сложных систем. Одним из основных требований, предъявляемых к таким системам, является обеспечение эффективности её работы, которая требует точной оценки свойств на всех этапах исследования, начиная от проектирования и заканчивая испытанием и эксплуатацией реальных систем.

Обеспечение надежности функционирования потоковых систем (ПС) по ряду признаков может быть отнесена к классу сложных и трудоёмких задач. Выбор оптимальных вариантов организации ПС, как правило, включает совершенствование структур объектов исследования и подбор параметров пропускной способности участков ПС с учётом вероятностных природы исследуемых объектов.

Разработка вероятностных моделей организации ПС представляет собой длительный, трудоёмкий процесс, и довольно часто к моменту эксплуатации реализованные модели оказываются непригодными из-за существенных изменений, произошедших в структуре и параметрах исследуемой системы. Поэтому автоматизация процессов построения и эксплуатации вероятностных моделей ПС, сократит сроки выполнения проектных работ и обеспечит выбор эффективного варианта организации ПС.

Целью исследования была разработка математического аппарата вероятностного моделирования, ориентированного на анализ пропускной способности ПС, функционирующих в условиях случайных воздействий. Разработанные средства моделирования отличаются следующей новизной: в рассмотрении множества вероятностных состояний характеризующих множество состояний пропускной способности участков и в разделении метода позволяющего оценить максимальный поток для структур сложного объекта большой размерности.

## Литература

1 Сукач, Е. И. Проектирование функционально-сложных систем на основе вероятностно-алгебраического моделирования / Е. И. Сукач // Проблемы управления и информатики, 2011. – № 2. – С. 121–131.

**И. П. Акулич, С. В. Акулич, В. М. Булойчик**  
(ВА РБ, Минск)

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЯ, РЕКОМЕНДОВАННОГО СИСТЕМОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Система поддержки принятия решений (СППР) при организации противодействия средства радиолокационной разведки космического базирования предназначена для решения задач, описанных в [1].

Рассмотрим результаты оценки эффективности решения, рекомендованного данной системой при скрытии передвижного объекта в течение заданного промежутка времени. В качестве мероприятий противодействия рассматривается использование маскировочных комплектов.

При существующем подходе к оценке противодействия передвижных объектов значение вероятности обнаружения заданного объекта принимается постоянным, не изменяющимся с течением времени. После применения мероприятия маскировки это значение уменьшается в соответствии со значением коэффициента снижения эффективной поверхности рассеивания. В методике, реализованной в СППР [2], расчет вероятности обнаружения осуществляется с учетом кратности попадания объекта в зону обзора радиолокатора с синтезированной апертурой, установленной на борту космического аппарата.

Результаты имитационного эксперимента показывают, что при использовании маскировочных комплектов по истечении заданного времени передвижной объект будет обнаружен с вероятностью 0,26–0,91 в зависимости от типа выбранного маскировочного комплекта.

Ошибка расчета значения вероятности обнаружения при существующем подходе и эффективность расчетов, полученных с использованием разработанной СППР, составляет 7–10 % – при расчете без учета мероприятий противодействия, 14–81 % – при расчете с учетом рекомендованных мероприятий противодействия.

### Литература

1 Германович, И. П. Особенности построения и функционирования системы поддержки принятия решений при организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования / И. П. Германович, С. В. Акулич, И. Н. Комаров // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 23. – С. 14–20.

2 Германович, И. П. Методика выработки рекомендаций для принятия решения на проведение мероприятий противодействия / И. П. Германович, В. М. Булойчик, С. В. Акулич // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2012. – № 23. – С. 14–18.

**Ю. Д. Бондарева, В. С. Смородин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В настоящее время накоплен большой опыт построения математических моделей объектов исследования из различных отраслей техники, промышленности и экономики. Вместе с тем проявляющаяся последнее время тенденция к использованию общесистемных принципов и методов исследований в различных областях знаний наталкивается на определенные трудности, что связано, как известно, с целым комплексом различных причин.

Многочисленные попытки унификации системного подхода, при решении конкретных задач науки и практики, привели к понятию сложной технической системы как многопараметрического объекта, представимого конечным множеством математических моделей, каждая из которых отражает конкретную группу свойств исходной системы. Такой подход дает основания рассчитывать в дальнейшем на создание необходимой базы, позволяющей работать с системами любой степени сложности, вне зависимости от ее физической сущности или ограниченности рамками определенной формализации.

В рамках данного доклада рассматриваются физические системы, элементами которых могут быть недеформируемые и деформируемые твёрдые тела, рассмотренные совместно с их свойствами и связями.

При устройстве фундамента на основе свай, устроенных с применением разрядно-импульсной технологии (сваи РИТ), обосновано, что для

рассматриваемой сваи оптимальным является количество уширений, равное трем. При этом расстояние между уширениями равно их диаметру, а устройство трехмерной сваи с тремя уширениями является оптимальной конфигурацией, которая позволяет снизить расход материала на 25 %.

Необходимо отметить, что использование камуфлетных уширений РИТ-свай обеспечивает образование вокруг них зон уплотнённого грунта, которые могут частично или полностью накладываться, только соприкасаться или находиться на некотором расстоянии между собой. Несущая способность такой сваи будет определяться её геометрическими размерами, количеством упомянутых уширений, а также физико-механическими характеристиками элементов структуры грунтового основания и в зонах уплотнения, вследствие чего и возникает задача определения рациональной конструкции и геометрических размеров РИТ-свай под заданную нагрузку.

На основе использования компьютерного анализа объекта исследования показано, что устройство одного камуфлетного уширения РИТ-свай позволило увеличить несущую способность сваи не менее, чем в 10 раз, а устройство второго уширения, по сравнению с предыдущим вариантом, увеличило несущую способность только в 2 раза.

Таким образом, проведенные исследования дают теоретическую основу для определения рациональной конструкции РИТ-свай в нелинейно-деформируемом неоднородном грунтовом основании.

**В. Л. Борищук, А. В. Цитринов**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

### **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ С УЧЕТОМ ВКЛАДА ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЛЕПТОНОВ**

Программы физических исследований на современных (Большой адронный коллайдер, LHC) и планируемых (Международный линейный электрон-позитронный коллайдер, ILC) ускорительных комплексах содержат разделы, посвященные поиску эффектов проявления новых частиц и взаимодействий [1], выходящих за рамки Стандартной модели элементарных частиц (СМ) [2]. Одним из возможных сценариев выхода

за рамки СМ может стать обмен новыми экзотическими лептонами [3] в процессе  $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ , для которого диаграммы Фейнмана на древесном уровне показаны на рисунке 1.

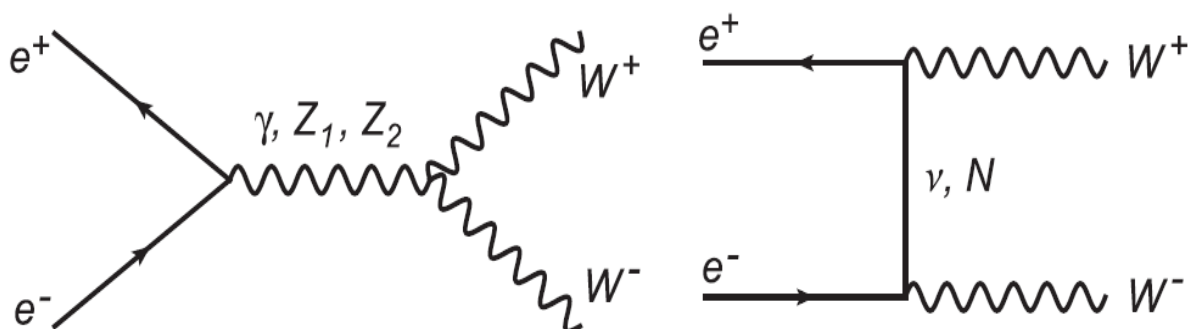


Рисунок 1 – Диаграммы Фейнмана для процесса  $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$

Разработана имитационная модель процесса  $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$  с учетом вклада экзотических лептонов [3], позволяющая выполнять моделирование наблюдаемых величин (дифференциальных угловых распределений конечных частиц и двойной поляризационной асимметрии) с учетом продольной поляризации электрон-позитронных пучков в условиях планируемых экспериментов на ИЛС. Разработанная имитационная модель будет использована для получения оценок ограничений на параметры экзотических лептонов посредством измерения двойной поляризационной асимметрии в условиях поляризационных экспериментов на коллайдере ИЛС.

### Литература

- 1 Красников, Н. В. Новая физика на Большом адронном коллайдере / Н. В. Красников, В. А. Матвеев. – М. : КРАСАНД, 2011. – 208 с.
- 2 Patrignani, C. Review of Particle Physics / C. Patrignani et al. [Particle Data Group]. – Chin. Phys. C. – 2016. – Vol. 40, No.10. – P. 100001.
- 3 Moortgat-Pick, G. Unique heavy lepton signature at e+e- linear collider with polarized beams / G. Moortgat-Pick, P. Osland, A. A. Pankov, and A. V. Tsytrinov. – Phys. Rev. D. – 2013. – Vol. 87. – P. 095017.

**М. А. Бужан, Ю. В. Жердецкий, Е. И. Сукач**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ**

Обеспечение надежного и безопасного функционирования систем требует точной оценки всех параметров, начиная с подготовительного этапа – построения топологии электроэнергетической сети, и заканчивая испытаниями реальных объектов.

На сегодняшний день, на рынке программных комплексов существует большое количество разнообразных программных комплексов, позволяющих проводить автоматизированный расчет надежности сложных технических систем, для анализа и расчета безопасности, технического риска, готовности и ремонтпригодности.

В основу алгоритмов расчета надежности таких программных комплексов заложены универсальные методы и отсутствуют специальные методики. Так же, весьма сложны в использовании и предъявляют определенные требования к пользователю, в области знаний специальных справочников с характеристиками надежности объектов. Учитывая недостатки существующих программных и теоретических решений, в работе представлен математический аппарат вероятностного моделирования для оценки надёжности и безопасности функционирования электроэнергетических систем [1], функционирующих в условиях воздействия случайных факторов и реализованы средства автоматизации вероятностного моделирования; разработаны алгоритмы параметризованных вероятностных моделей электроэнергетических систем для различных схем их формализации; реализованы программные средства автоматизации построения и эксплуатации вероятностных моделей надёжности электроэнергетических систем различной структурной организации; проведена апробация реализованного программного модуля на участке действующей электроэнергетической сети потребителей одного из районов.

### **Литература**

1 Бужан, М. А. Вероятностно-алгебраическое моделирование технологических систем производства с элементами потенциальной опасности / Е. И. Сукач, Ю. В. Жердецкий, М. А. Бужан // Математическое и имитационное моделирование систем, МОДС'2015': материалы десятой международной научно-практической конференции. Киев, 22–26 июня 2015 г. – Киев-Жукин, 2015. – С.198–202.

**А. Ю. Войтов, С. Е. Карпович**  
(БГУИР, Минск)

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ МАТЛАВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ШЕСТЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

Дальнейшее наращивание функциональных возможностей мехатронных систем перемещений при обеспечении существенно больших скоростей и ускорений, повышенных характеристик точности и быстродействия связано в первую очередь с применением параллельных манипуляторов реконфигурируемой структуры с числом степеней свободы до шести включительно.

В работе предложена структурно-кинематическая схема параллельного манипулятора на новом гибридном треугольном приводе прямого действия, для которой разработан подход и математическая модель формализованного описания, алгоритмизации и исследования кинематики, согласно которой вычислительное решение по нахождению линейных и угловых координат платформы по заданным обобщённым линейным координатам ведущих звеньев выполняется по аналитическому описанию векторного условия многоконтурной замкнутости параллельных кинематических цепей в виде фундаментальной нелинейной системы из трёх уравнений.

Для рассматриваемой мехатронной системы перемещений в работе предложена математическая модель аналитического решения в явном виде обратной задачи кинематики для базового механизма. Решение осуществлено на базе геометро-аналитического подхода, основанного на уравнениях аналитической геометрии в трёхмерном пространстве и матричных преобразованиях в однородных координатах. При этом алгоритмически обеспечено сохранение начальных конфигурационных условий во всём диапазоне изменений искоемых переменных с обеспечением однозначного визуального отображения на персональном компьютере положения платформы, всех звеньев и механизма в целом в режиме реального времени.

Разработана имитационная модель кинематики, которая позволила выполнять решение прямой и обратной задач кинематики.



## Литература

1 Войтов, А. Ю. Алгоритмизация прямой задачи кинематики для системы перемещений с шестью степенями свободы на треугольном гибридном приводе / А. Ю. Войтов, Н. И. Кекиш // Информационные технологии и системы 2016: материалы МНК, Минск, Респ. Беларусь. – С. 78–79.

**П. В. Гаврилик, Д. В. Ратобыльская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТОВ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ**

Случайные числа широко используются в современных информационных технологиях. К областям, где их применение играет ключевую роль, относятся имитационное моделирование и криптография.

Генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ) – алгоритм, порождающий последовательность чисел, элементы которой почти независимы друг от друга и подчиняются заданному распределению. Качественный генератор псевдослучайной последовательности (ГПСЧ), ориентированный на использование в системах защиты информации, должен иметь: высокую криптографическую стойкость; хорошие статистические свойства; большой период формируемой последовательности; эффективную аппаратную и программную реализацию; высокое быстродействие[1].

В 1999 году разработчиками Национального института стандартизации и технологий США был представлен статистический набор тестов НИСТ и предложена методика проведения статистического тестирования шифров и ГПСЧ [2]. Опираясь на требования к генераторам для систем защиты информации, а также данные методики и предлагаемые НИСТ тесты, составлена система тестов ГПСЧ.

Для апробации системы тестов, были реализованы и протестированы пять ГПСЧ: линейный конгруэнтный генератор, квадратичный конгруэнтный генератор, генератор RSA, линейный сдвиговой регистр, самоуправляемый 2-линейный регистр сдвига.

С помощью методов статистического тестирования, проводилась проверка генераторов по следующим критериям: близость к равномерному распределению (тест n-серий); случайность и независимость (тест критерий серий), сжимаемость последовательности (тест Маурера),

эффективная аппаратная реализация; максимально возможная длина последовательности.

Анализируя результаты тестирования, в качестве наилучшего по заданным характеристикам был выбран ГПСП на основе линейного сдвигового регистра. Предложенная система тестов позволила подобрать оптимальные параметры моделирования для выбранного генератора.

**А. Н. Герасимчук, Е. В. Косарева**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С СИСТЕМАМИ СО МНОГИМИ ОЧЕРЕДЯМИ**

Исследуется сеть массового обслуживания, состоящая из параллельно функционирующих систем массового обслуживания (СМО), в которую поступают несколько входных потоков заявок. Заявки образуют несколько очередей ожидания к системам. Законы поступления входных потоков заявок могут быть различные; системы сети – идентичные одноканальные СМО с произвольным законом распределения времен обработки заявок. Для нахождения средних характеристик функционирования описанной сети разработана имитационная модель (ИМ), реализованная в виде веб-приложения, серверная часть которого написана на языке программирования Node.JS с использованием фреймворка Express, а клиентская часть написана с использованием фреймворка AngularJS. Для хранения информации используется база данных MongoDB. Входными данными ИМ являются: число входящих потоков заявок и их законы распределения, число СМО и законы обслуживания заявок. В ИМ реализовано два метода выбора заявок из очереди: FIFO и групповой выбор.

Актуальной является задача нахождения оптимального распределения потоков заявок по системам исследуемой сети, при котором суммарное число обслуженных в сети заявок будет максимальным, а среднее время ожидания заявок в очередях не превышает заданного значения [1]. Для решения этой задачи был разработан алгоритм, позволяющий сократить число переборов входящих потоков по системам сети.

## Литература

1 Колузаева, Е. В. О решении задачи оптимального распределения потоков сообщений в одной информационной системе / Е. В. Колузаева, М. А. Матальцкий // International Congress on Computer Science: Information Systems and Technologies: материалы международного научного конгресса, Минск, 31 октября–3 ноября 2011г. – Минск: Без изд., 2011. – С. 22–27.

**Д. В. Гетиков, Е. И. Сукач**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР**

Для управления дорожным движением транспортной сети (ТС) городов повсеместно используются системы управления, алгоритмы которых основаны на моделях транспортных потоков. Моделирование транспортных систем необходимо для минимизации задержек по направлениям при условии, что интенсивность движения постоянно изменяется во времени и в пространстве.

Целью исследования была разработка web-ориентированного программного комплекса, оптимизирующего организацию ТС с учётом случайных параметров их функционирования за счёт решения типовых задач моделирования путем эксплуатации набора параметризованных имитационных моделей потоковой системы.

Выбор средств разработки обуславливается растущей популярностью веб-приложений. На сегодняшний день средства доступа в Internet практически всегда находятся в непосредственной близости от человека (мобильный телефон, компьютер, ноутбук, планшет), а значит современное приложение должно быть доступно через представляемые подобным способом сетевым сервисом. Также, выбранные средства разработки позволяют встроить приложение в виде компонента в практически любую систему с минимальными изменениями, что дает положительную коммерческую оценку.

Программный комплекс, представляющий собой средство виртуализации набора параметризованных имитационных моделей, реализован базовыми средствами разработки веб-приложений [1]. Структура графического интерфейса приложения составлена на языке гипертекстовой

разметки HTML5 (задействована библиотека JQuery), логика приложения реализована на языке JavaScript – фреймворк GoJS, дружественный графический интерфейс реализован при помощи набора каскадных таблиц стилей CSS и фреймворка Bootstrap.

## Литература

1 Гетиков, Д. В. Автоматизация оценки вероятностных характеристик пропускной способности транспортной сети средствами Javascript / Д. В. Гетиков // Сборник материалов научно-практической конференции «Актуальные проблемы автоматизации и управления – 2016», Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина, 2016. – С. 169–173.

**Д. В. Деревянко, Е. И. Сукач**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Транспортная система (ТС) обеспечивает согласованное развитие и функционирование всех видов транспорта с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах. Эксплуатация ТС предполагает, как правило, различные варианты организации выполнения предписанных им функций. Выбор лучшего варианта функционирования системы в смысле исследуемого свойства должен основываться на математически обоснованном сравнении вариантов, отличающихся как структурной организацией, так и параметрами элементарных участков, составляющих систему.

Для оценки эффективности организации ТС удобно использовать обобщённый показатель, под которым можно понимать дистанцию, затраты, время прохождения пути или их комбинации.

Существующие расчетные методы, позволяющие произвести оценки эффективности сетевых структур, применимы при определенных ограничениях – не учитывается нелинейность изменений происходящих с элементами. Одним из эффективных расчётных методов оценки эффективности организации ТС является вероятностное моделирование, предполагающее учёт вероятностней параметров элементов исследуемых объектов.

Разработка вероятностных моделей организации ТС представляет собой длительный, трудоёмкий процесс, и довольно часто к моменту эксплуатации реализованные модели оказываются непригодными из-за существенных изменений, произошедших в структуре и параметрах исследуемой системы. Поэтому наиболее эффективный вариант организации ТС выбирается с использованием программных средств, реализующих методику расчёта эффективности организации ТС с учётом эффективности перемещения транспортных потоков по сети.

### Литература

1 Деревянко, Д. В. Анализ вероятностных характеристик транспортных систем с учётом случайных параметров их функционирования // Д. В. Деревянко, Е. С. Абрамов, Д. П. Ковалёв // Сборник статей «Творчество молодых», ГГУ им. Ф. Скорины, 2015 г. – Ч.1.– С.110–113.

**Ю. В. Жердецкий, М. А. Бужан, Е. И. Сукач**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА С ЭЛЕМЕНТАМИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ**

В ходе проектирования или эксплуатации технологического процесса производства (ТПП) с элементами потенциальной опасности возникает задача поддержания надёжности реализации технологического производственного цикла, включающего элементы потенциальной опасности, в качестве которых могут выступать технологические операции (ТХО), надёжность которых может изменяться вероятностным образом и влиять на надёжность ТПП.

Для решения поставленной задачи используется динамическое вероятностно-алгебраическое моделирование ТПП с элементами потенциальной опасности, с использованием которого выбираются такие последовательности управляющих воздействий, при которых изменения в организации ТПП реализуются в нужные моменты. Опережающие результаты вероятностно-алгебраического моделирования позволяют управлять надёжностью реализации технологического цикла производства. Диапазон рабочих характеристик ТПП и вид управляющих воздействий выбираются с использованием одной из параметризованных

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

моделей в составе комплекса автоматизации проектного моделирования управления технологическими процессами производства с элементами потенциально опасности «ControlSyst», позволяющего рассмотреть объект на разных уровнях детализации и определить для каждого уровня детализации последовательность управляющих воздействий (изменяющих параметры реализации ТХО, модифицирующих структуру технологического цикла производства и др.), позволяющих поддерживать ТПП в рабочем состоянии и решать задачи оптимизации технологического производственного цикла.

### Литература

1 Сукач, Е. И. Методика анализа и прогнозирования характеристик надёжности технологических процессов производства с использованием вероятностно-алгебраического моделирования / Е. И. Сукач, Ю.В. Жердецкий, М.А. Бужан // Математическое и имитационное моделирование систем, МОДС'2015': материалы десятой международной научно-практической конференции. Киев, 22–26 июня 2015 г. – Киев-Жукин, 2015. – С. 140–144.

**А. А. Казаков, В. М. Берикбаев**  
(ИПС РБ, Минск)

### **ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УЧАСТКЕ ПОГРАНИЧНОЙ ЗАСТАВЫ**

Для выполнения поставленных перед организацией целей создается необходимая структура организации, выделяются требуемые ресурсы, выполняются определенные действия, направленные на отбор из окружающей среды объектов, свойства которых можно использовать для достижения цели [1].

Если говорить о моделировании охраны государственной границы на участке пограничной заставы (погз) в терминах теории систем, то речь может идти об открытой системе, объектами взаимодействия которой являются модели погз и нарушителя границы. Взаимодействие представляет собой процесс обмена информацией о состояниях взаимодействующих моделей и выполнение определенных действий для восстановления устойчивости системы.

Модель нарушителя границы может быть построена на различных вариантах его поведения, например: заблудившийся грибник; контрабандист, использующий особенности местности для скрытного перемещения товара через границу в пешем порядке или на техническом средстве; контрабандист, который пытается агрессивно в кратчайшее время добраться до места перегрузки товара; организатор или пособник нелегальной миграции.

Моделирование всего многообразия поведения нарушителя границы может базироваться на общих подходах к классификации, учитывающей техническую оснащенность, тактику действий, мотивацию к противоправной деятельности и т. д. [2].

Со стороны погз недопущение нарушения равновесия системы будет заключаться в заблаговременном оборудовании инженерной инфраструктуры, рациональном выставлении пограничных нарядов, постоянном мониторинге состояния системы.

### Литература

- 1 Гулякина, Н. А. Общая теория систем / Н. А. Гулякина // БГУИР, Минск, 2007. – 208 с.
- 2 Радаев, Н. В. Моделируя повадки нарушителя. Формализация нарушителя в задаче оценки эффективности системы физической защиты объекта. Безопасность. Достоверность. Информация / Н. В. Радаев. – СПб, 2007. – БДИ № 5. – С. 12–16.

**И. М. Касьянович, В. М. Берикбаев**  
(ВАРБ, Минск)

### **РАЗВИТИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В арсенал инструментария всех звеньев руководства вооруженных сил наиболее развитых государств уже довольно давно и прочно вошло применение компьютерного моделирования боевых действий. Существующие системы моделирования представляют собой сложные комплексы математических имитационных моделей, таких как «Селигер», Joint Live Virtual Constructive (JVLC), «ФОРТ».

Данные комплексы позволяют на основе математических законов вооруженного противостояния имитировать как отдельно взятый объект, так и крупное войсковое соединение.

Однако применение данного подхода имеет и недостатки. Во-первых, для достоверной имитации какого либо объекта необходима доскональная математическая модель. Во-вторых, поведение модели жестко подчинено прописанной в ней логике действий.

Интересным решением данной проблемы является подход, реализованный в системе JVLC, в которой объединяются пространственно-разнесенные тренировочные имитаторы. Фактически система представляет собой платформу, в которой моделируемым объектом управляет человек.

Данный подход представляет собой реализацию игрового тактического многопользовательского симулятора. Он позволяет проводить отработку различных действий со всеми уровнями управления и обеспечения, а так же взаимодействие между различными подразделениями. Недостатком же данного подхода является привязка происходящих действий к реальному времени и необходимость значительного числа рабочих мест для управления конкретными моделями.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что тенденции развития систем моделирования направлены на все большую интеграцию человека, как непосредственного участника имитации.

**В. В. Кузнецов, Л. А. Конюх**  
(БГУИР, Минск)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА В ВИДЕ РАСКРЫВАЮЩЕГОСЯ ТЕТРАЭДРА**

С появлением гибридного многокоординатного привода синхронного типа, реализующего электронную редукцию перемещений без механических трансмиссий, стало возможным конфигурирование систем перемещений в виде манипуляторов параллельной кинематики с необходимым числом управляемых степеней свободы. В настоящем докладе рассматривается предложенная нами система перемещений, которая конфигурируется в виде многокоординатного манипуляционного исполнительного механизма, представляющего собой раскрывающийся тетраэдр, внешние подвижные вершины которого перемещаются планарными позиционерами в плоскости, параллельной плоскости статора.



Планарные позиционеры представляют собой подвижные двухкоординатные модули на двухкоординатных линейных шаговых двигателях  $x, y$  – исполнения. Управление такой многосвязной системой невозможно без использования математической модели, описывающей структурно-кинематические и динамические связи и характеристики системы.

На основании разработанных математических моделей и выполненной алгоритмизации [1] были созданы программы моделирования в среде MATLAB, в том числе пользовательские интерфейсы решения задач кинематики и динамики с интерактивной визуализацией самого исполнительного механизма, границ рабочей области и графиков изменения координат, скорости и ускорения характерных точек, силовых характеристик взаимодействий звеньев и регулировочных характеристик привода.

Разработанные программы позволяют проводить имитационное компьютерное моделирование позиционных, кинематических и динамических характеристик рассматриваемой в докладе системы перемещений в среде MATLAB с интерактивной визуализацией результатов.

### Литература

1 Карпович, С. Е. Имитационное моделирование кинематики пространственной системы перемещений с интерактивной визуализацией результатов / С. Е. Карпович, В. В. Кузнецов, М. М. Фуртан // Докл. БГУИР. – 2016. – № 4 (98). – С. 22–28.

**И. В. Малеша, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ-АНАЛОГА ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ**

Имитационное моделирование широко используется для разработки новых и модернизации существующих конструкций технических систем. К современным системам имитационного моделирования относятся: Arena, AnyLogic, GPSS World, Simulink и т.д. Среди них лидирующее положение при исследовании динамических систем занимают пакеты MATLAB и Simulink. Разработка новой модели «с нуля» – сложный и трудоемкий процесс. При работе с Simulink пользователь имеет возможность не только создавать новые блоки и модели, но и модернизировать

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

имеющиеся библиотечные блоки и модели, используя их в качестве моделей-аналогов.

С помощью пакета MATLAB и программного комплекса Simulink было проведен анализ библиотечной модели Weldingrobot. В ходе анализа был определен диапазон возможных параметрических и структурных изменений этой модели.

Используя модель Weldingrobot в качестве модели-аналога можно получить новые модели, изменяя высоту, радиусы отверстий, толщину, глубину, задавая другой материал. Кроме того, можно выполнять такие структурные изменения, как изменять форму, добавлять и удалять элементы. На рисунке 1 представлена новая модель Weldingrobot, полученная в результате изменения блоков CylindricalJoint, Torso, Head, RevoluteJoins, RoundedLink, CylindricalPin.

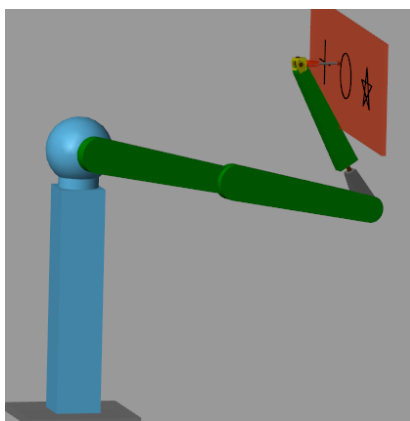


Рисунок 1 – Модель, полученная в результате преобразования модели-аналога

**Д. С. Могилевич, С. Э. Статкевич**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА МНОГИХ ТОВАРОВ В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНОГО СПРОСА**

Как известно, на рыночный механизм влияет довольно большое количество случайных факторов: сезонные изменения, вкусы и предпочтения потребителей, конкуренция, степень монополизации рынка и т. п. В конечном итоге влияние этих случайных факторов может привести к одному из трех случаев [1]:

1) уровень потребительского спроса окажется выше уровня предложения, т. е. образуется дефицит товаров и услуг;

2) уровень предложения будет выше уровня потребительского спроса, т. е. присутствует избыток товаров;

3) уровень спроса равен уровню предложения – рынок находится в состоянии рыночного равновесия.

Срабатывание первых двух случаев будет оказывать негативное влияние как на деятельность продавца, так и поведение покупателя.

В данной работе рассматривается динамическая модель рынка нескольких товаров, основанная на следующих предположениях:

- спрос на  $i$  – й товар линейно зависит от цены этого товара  $P_i(t)$  :

$$D_i(t) = a_i - b_i P_i(t) + \eta_i(t), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $\eta_i(t)$  – стационарный случайный процесс,  $a_i, b_i$  – положительные константы;

- предложение товара осуществляется с временным лагом  $\tau$ , функция предложения имеет вид:

$$S_i(t) = S_{i,0}(t) + S_{i,1}(t - \tau), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $S_{i,0}(t)$  – остаток  $i$  – го товара на момент времени  $t$ ,  $S_{i,1}(t - \tau)$  – объем товара  $i$ , заказанного в момент времени  $(t - \tau)$ ;

- время изменяется дискретно,  $t = \overline{0, T}$ .

Приводится алгоритм имитационного моделирования оптимальных поставок товаров на рынок.

## Литература

1 Макконнелл, К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика : учебник / К. Р. Макконнелл, С. Л. Брю. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 972 с.

**В. В. Мурзак, В. М. Берикбаев**  
(ВАРБ, Минск)

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Современные средства войсковой противовоздушной обороны (ПВО) обладают маневренными возможностями, которые позволяют осуществлять разведку воздушного противника в движении, а поражение

в движении или с короткой остановки. Кроме того, огневые средства зенитных ракетных комплексов (ЗРК) имеют возможность осуществления разведки или допояска воздушной цели по выданному целеуказанию в пассивном режиме, что позволяет применять их в засадных действиях. Таким образом, повышение эффективности боевого применения подразделений войсковой ПВО происходит не только за счет более совершенных средств разведки и поражения ЗРК малой дальности и ближнего действия, но и за счет искусного применения способов и тактических приемов ведения противовоздушного боя.

Однако существующий методический аппарат оценки эффективности боевого применения подразделений войсковой ПВО наиболее полно учитывает только техническую составляющую, а учет тактических приемов и способов боевого применения осуществляется с помощью коэффициентов, которые не позволяют должным образом оценить прирост эффективности ведения боевых действий подразделением войсковой ПВО.

Сложность оценки эффективности с учетом тактических приемов и способов применения огневых средств заключается в невозможности или высокой сложности аналитического описания процесса тактических действий подразделений. Решение данной задачи возможно с помощью применения имитационного моделирования процесса ведения боевых действий. В составе широко используемой системы моделирования «Свислочь» есть модель войсковой ПВО, которой однако присущ существенный недостаток – отсутствие блоков моделирования передвижения и тактического применения соответствующих подразделений. Программная реализация данных блоков позволит учесть прирост эффективности подразделений с учетом основных тактических приемов, а дальнейшая статистическая обработка результатов моделирования позволит аналитически обосновать изменения существующего методического аппарата оценки эффективности.

**А. П. Первенецкий, В. Л. Ланин**  
(БГУИР, Минск)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ПАЙКИ SMD КОМПОНЕНТОВ**

Тенденция к усложнению изделий электроники приводит к увеличению числа электронных компонентов и плотности монтажных соединений. Неотъемлемой частью процесса создания изделий электроники является селективная пайка SMD компонентов.

Наиболее перспективным методом монтажа SMD компонентов является лазерная пайка в сочетании с применением паяльных паст. Отличительные особенности данного процесса: локальность теплового воздействия, высокая стабильность температурно-временных режимов, гибкое регулирование тепловой энергии, отсутствие контакта с паяемым изделием, высокая производительность, высокое качество и надежность паяных соединений [1].

Основная доля теплоты при лазерном нагреве переносится в глубь металла посредством электронной проводимости. Таким образом, тепловые процессы при лазерном нагреве имеют ту же физическую природу, что и традиционные способы теплового воздействия на металлы. Это дает основание рассматривать распространение теплоты в металлах при лазерной обработке с классических позиций теории теплопроводности [2].

Целью моделирования является изучение тепловых полей при селективной пайке SMD компонентов лазерным лучом. Это позволит создать технологический процесс, в котором будут определены оптимальные параметры процесса, позволяющие при наименьших энергозатратах избежать повреждения термочувствительных компонентов. Для моделирования использовано приложение Simulation программного комплекса SolidWorks.

Получены модели распространения тепловых полей в зонах формирования монтажных соединений SMD элементов, температурные эпюры процесса лазерной пайки с использованием оловянно-свинцовых и бессвинцовых припоев, зависимости температуры припоя от времени воздействия лазерного луча мощностью 30 Вт и 40 Вт.

### Литература

- 1 Джюд, М. Пайка при сборке электронных модулей / М. Джюд, К. Бриндли. – М. : Издательский Дом «Технологии», 2006. – 416 с.
- 2 Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.

**В. В. Петровец, Е. А. Ружицкая**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ НОРМАЛЬНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ МЕТОДОМ ОТБОРА**

При имитационном моделировании (метод Монте-Карло) часто возникает необходимость в быстрой генерации значительного массива

случайных чисел с заданным законом распределения. Обычно для этого используется метод обращения функции распределения. Однако некоторые функции распределения обратить в явном виде не удаётся (например, нормальное).

Для этого был разработан и реализован на C++ так называемый метод отбора (метод принятия-отклонения) [1]. Пусть  $G(x)$  такая функция распределения, для которой существует достаточно простой способ обращения. Пусть отношение функции плотности распределения  $f(x)$  моделируемой случайной величины  $\xi_f$  к  $g(x) = G'(x)$  ограничено сверху:  $\frac{f(x)}{g(x)} \leq C$ , тогда случайная величина  $\xi_g$  распределена по закону

$F(x)$ , при условии  $U \leq \frac{f(\xi_g)}{Cg(\xi_g)}$ , где  $U$  – равномерно распределённая случайная величина на отрезке  $[0,1]$ .

В данном алгоритме используется следующая функция  $G(x)$ :

$$G(x) = \begin{cases} \frac{\sqrt{e}}{2} e^{-\left(\frac{x-1}{\sqrt{3}\sqrt{2}}\right)^2}, & x < 0; \\ 1 - \frac{\sqrt{e}}{2} e^{-\left(\frac{x+1}{\sqrt{3}\sqrt{2}}\right)^2}, & x \geq 0. \end{cases}$$

Следовательно, обратная ей функция  $G^{-1}(y)$  равна:

$$G^{-1}(y) = \begin{cases} \sqrt{\frac{3}{2}} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \ln(2y)}\right), & 0 < y < \frac{1}{2}; \\ \sqrt{\frac{3}{2}} \left(\sqrt{1 - 2 \ln(2(1-y))} - 1\right), & \frac{1}{2} \leq y < 1. \end{cases}$$

### Литература

1 Фалин Г. И. Математический анализ рисков в страховании. – М.: Рос. Юрид. Изд. дом, 1994. – 130 с.

**М. М. Форутан, Г. Салманзадех, С. Е. Карпович**  
(БГУИР, Минск)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ТРАЕКТОРИЙ МНОГОКООРДИНАТНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ**

В настоящей работе многокоординатный электропривод прямого действия рассматривается с точки зрения объекта управления микропроцессорным контроллером, модель управления для которого была разработана на основе энергетической модели [1], учитывающий электромагнитные закономерности возникающие при сопряжении между собой отдельных дискретных перемещений, осуществляемых посредством кусочно-линейной аппроксимацией заданной траектории движения. При этом точность отработки гладкой криволинейной траектории определяется глубиной электромагнитной редукцией шага, то есть минимально возможным элементарным механическим перемещением подвижного элемента привода. При этом в работе рассматриваются различные аспекты углубленного математического моделирования, возникающие при алгоритмизации программируемых траекторных перемещений, основанные на аналитическом и численном решении обратных задач кинематики и динамики многокоординатных систем перемещений. В работе получена рекуррентная формула, позволяющая последовательно интегрируя, получать решения на каждом участке ступенчатой функции управляющего воздействия с учётом изменяющихся на каждом шаге начальных условий.

На основании предложенного в работе метода синтеза программируемых движений построенным интерполяционные траектории для амплитудного и фазового методов управления.

Для улучшения управляемости многокоординатного привода при отработке заданной траектории в систему управления вводится обратная связь, алгоритмически обеспечивающая управления угловой или линейной координатой положения исполнительного элемента привода.

### **Литература**

1 Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования / В.В. Жарский [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. С. Е. Карповича. – Минск: Бестпринт, 2013. – 208 с.

**С. В. Цуприк, А. С. Солонар**  
(ВАРБ, Минск)

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВХОДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОПТИКО-ЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ OPENGL И UNITY3D**

Одной из проблем, возникающих при разработке оптико-локационных систем, является сложность проверки эффективности и отладки алгоритмов их работы. Эти проблемы могут решаться в процессе лабораторных исследований или в ходе полевых испытаний. В лабораторных условиях проверка работоспособности алгоритмов и их оптимизация может производиться как по неподвижным, так и по движущимся целям по результатам обработки видеосъемки. Для неподвижных объектов это допустимо. Проблема возникает при сопровождении движущихся объектов, поскольку центр оптической системы перемещается, а закон перемещения не известен. Решить эту проблему можно путем имитационного моделирования адекватного входного воздействия для оптико-локационных систем в виде светового потока, сформированного с помощью проектора на основании трехмерной сцены изображения физических объектов.

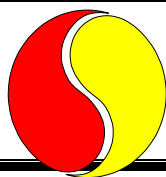
Реалистичное цифровое изображение трехмерной сцены можно создавать различными графическими интерфейсами, среди которых выделяются OpenGL и Unity3D. Выбор графического интерфейса для построения трехмерной сцены и формирования цифрового изображения является не тривиальной задачей.

В докладе будет: представлена обобщенная структура имитатора воздушной обстановки, позволяющего в реальном масштабе времени сформировать адекватное входное воздействие для оптико-локационной системы в виде цифрового изображения; рассмотрены особенности формирования цифрового изображения при помощи графического интерфейса OpenGL и Unity3D; продемонстрированы возможности формирования адекватного входного воздействия для оптико-локационных систем.

### **Литература**

1 Солонар, А. С. Модель входного воздействия для оптико-локационной системы зенитного ракетного комплекса с подвижной оптической системой / А. С. Солонар, С. В. Цуприк // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016): материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 26 октября 2016 г. – Минск, 2016. – С. 236–237.





## СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Прикладные программно-аппаратные системы*

---

**D. P. Shevchuk, O. G. Bakunova**  
(GSU F. Skaryna, Gomel)

### **DEVELOPMENT OF WEB-SERVICE VIA ASP.NET WEB API**

Разработанная система использует REST - сервисы и предназначена для автоматизации рабочего места работников кадровой службы Пожарного аварийно-спасательного отряда Гомельского областного управления МЧС.

A workplace automatization is one of the actual technical issues. Office employees have to process big volume of data from different informational streams and it needs to be fast. Software developed for hospitals, communal services, educational establishments etc. is called to solve the issue.

These systems as a rule present the possibility to account human resources, working activity of employees, gathering statistics and analyze these metrics. Usually generating of reports and some documents is deployed into similar systems for reducing time of their forming.

The one of many variants of such systems implementation is a web-application. Usually it means a three-level architecture (client, web-service, database) that makes the system more scalable and flexible.

Web API is based on the REST (Representational State Transfer) architecture, which in turn is superstructure on the HTTP, it means that the following methods are used for interaction with a server: GET, POST, PUT, DELETE.

Seven controllers have been implemented at the project. Each controller contains methods for interacting with special data. There are unique routes for each methods and every controller was specified by a special section.

Security also is a very important thing in the web-service development. Since the service has been implemented with OWIN, OAuth2 was used for authorization implementation.

Open Web Interface for .NET (OWIN) defines an abstraction between .NET web servers and web applications. OWIN decouples the web application from the server, which makes OWIN ideal for self-hosting a web application in your own process, outside of IIS.

Using OAuth means that a client sends his credentials to the server, which authenticates the user, generates a bearer token (it is presented as a string in a base64 format) and gives it to the client. The client sends the token with each request to the server that could see whether the user has access to resources.

The developed service presents a possibility to interact with data about activity of employees of the fire rescue squad emergency department of the Gomel region. It gives a possibility to create many client apps, which will interact with the single database through the service.

**М. Ф. С. Х. Аль-Камали, И. А. Врублевский**  
(БГУИР, Минск)

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С УЛЬТРАМАЛЫМИ ПОРАМИ**

В настоящее время пленки нанопористого анодного оксида алюминия благодаря своей самоорганизованной структуре и широкому спектру функциональности вызывают повышенный интерес у исследователей. Пленки анодного оксида алюминия с упорядоченной структурой пор используются при формировании наноструктурированных матриц с высоким структурным совершенством. Они являются перспективным материалом для использования в микроэлектронике, оптике, мембранной технике, а также в газовых сенсорах, катализаторах, солнечных элементах. Это объясняет научный и практический интерес к изучению морфологии поверхности и пористой структуры пленок анодного оксида алюминия. В этой связи весьма актуальным представляется применение методов компьютерного анализа микроскопических изображений анодного оксида с целью получения количественной информации о размерах пор, межпористом расстоянии и оценке степени упорядочения пористого массива.

Тонкие пленки алюминия толщиной приблизительно 100 нм осаждали на кремниевые подложки с пленкой диоксида кремния (пластины SiO<sub>2</sub>/Si) с помощью термического испарения в вакууме. Затем вырезали квадратные образцы площадью 4 см<sup>2</sup> погружали в раствор и анодировали в потенциостатическом режиме при 20 В в водном растворе 1.8 М серной кислоты. Процесс проводили в двухэлектродной

фторопластовой ячейке при постоянной температуре  $(20 \pm 0.1)^\circ\text{C}$  с использованием источника постоянного тока PS-2403D (Votcraft). В качестве катода использовали платиновую сетку. Поверхность пленок нанопористого оксида алюминия изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа DSM 982 (Zeiss). Распределение пор по диаметру и межпористое расстояние вычисляли по снимкам сканирующей электронной микроскопии с использованием компьютерной программы обработки изображения ImageJ.

Результаты компьютерной обработки изображений показали, что в пленках нанопористого оксида алюминия, полученных в серной кислоте на пластине  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  диаметр пор  $d_{\text{pore}} = 10.1$  нм, значения межпористого расстояния и диаметр ячейки  $D_{\text{inter}}$  и  $D_{\text{cell}}$  равны 48.5 и 56.1 нм соответственно. Данные о параметрах структуры пленок нанопористого оксида алюминия с ультрамалыми порами, полученных в серной кислоте в наших исследованиях, совпадают с данными представленными в литературе.

**Д. А. Арцукевич**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **О ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗОВ КЛЕТОК ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON И МЕТОДОВ DATA MANING**

Одним из самых смертельных заболеваний в современном мире являются онкологические заболевания. Своевременное обнаружение, верный диагноз и правильно подобранное лечение позволяют спасти множество жизней. Одной из составляющих правильного диагноза является анализ снимков, полученных под микроскопом и с помощью рентгенографии. В общем случае клетки злокачественных опухолей обладают атипичной структурой, что позволяет их выделить на фоне здоровых. В данном вопросе хорошей помощью может оказаться система классификации образов, которая сможет быстро проанализировать множество снимков и указать на те, на которых клетки обладают атипичной структурой.

Любая система классификации требует наличия множества данных и некоторой предобработки, чтобы нормализовать данные. Для классификации образов клеток на начальном этапе производится

предобработка изображений, которая заключается в выделении слоев в указанном интервале оттенков серого и разбиении слоев на непрерывные области. На следующей этапе производится классификация областей на принадлежность к какому-либо классу.

Для классификации могут использоваться различные методы из таких областей как математическая статистика или же машинное обучение. При классификации методами математической статистики следует выделить такие признаки как объем областей, связность контуров областей, наличие углов.

Для построения системы классификации образов клеток на основе описанных методов был выбран язык программирования Python так как это высокоуровневый язык общего назначения с поддержкой множества парадигм программирования, а также различными библиотеками для решения задач машинного обучения и математических расчетов. В качестве библиотеки для работы с изображениями используется PyQt. PyQt – это привязка к библиотеке для создания приложений Qt, которая позволяет создавать кроссплатформенные приложения с графическим пользовательским интерфейсом.

**А. В. Барановский, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ОКОННОЕ И МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЛИЧНЫХ ПАРОЛЕЙ**

В настоящее время вопрос безопасности пользовательских данных приобретает все большую актуальность. Количество сервисов, каким-либо образом хранящих пользовательскую информацию все растет. Для доступа к таким сервисам и веб-сайтам в основном используется аутентификация с использованием пары логин-пароль. Данное приложение предназначено для хранения этих данных, представляя удобный доступ ко всей информации без необходимости запоминать данные аутентификации для каждого сервиса по отдельности.

Приложение реализовано в оконном и мобильном форматах. Обе реализации представляют собой хранилище аккаунтов (пар логин-паролей), доступ к которым осуществляется с помощью одного «мастер-пароля», вводимого при запуске приложения. Для организации безопасного хранения данных были использованы: 128-битный алго-

ритм хеширования MD5 для хранения «мастер-пароля» и криптографический алгоритм, реализующий блочное симметричное шифрование (размер блока 64 бит) под названием Blowfish.

Приложение поддерживает добавление аккаунтов (пар логин-паролей), карт кодов и файлов ключей. Также присутствует возможность использовать иконки для аккаунтов, что упрощает навигацию. К тому же, с помощью горячих клавиш можно получать быстрый доступ к приложению и копировать пароль необходимого аккаунта.

Также для обеспечения большей безопасности и возможности переноса данных, присутствует возможность резервного копирования файла данных. Для этого достаточно выбрать папку, в которой будет создана резервная копия, приложение затем будет сохранять резервную копию данных при любом их изменении. Таким образом, в случае непредвиденной потери данных, достаточно будет использовать резервную копию для восстановления.

В качестве среды разработки оконного приложения использовался C++ Builder, мобильного – Android Studio. Языками программирования выступили, соответственно, C++ и Java. В случае мобильного приложения, поддерживаются ОС Android версии 2.3 и выше.

**М. Г. Васильчиков, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»**

Умный дом – это автоматизированный системный комплекс управления. Современные устройства автоматизации обеспечат безопасность и комфорт, позволят с легкостью управлять всеми системами умного дома. Такая система самостоятельно распознает изменения в помещении и реагирует на них соответствующим образом. Основной особенностью такой технологии является объединение отдельных подсистем и устройств в единый комплекс, управляемый при помощи автоматики.

Разработанная система обеспечивает взаимодействие набора датчиков и электронных устройств между собой, а также с платой Arduino, сердцем которой является микропроцессор ATmega32u4. Код для системы написан в среде разработки Arduino 1.6.14, с помощью которой была реализована система «Умный дом». В качестве языка програм-

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

мирования был выбран язык программирования С. Основная цель данного проекта – это автоматизация любого жилища: возможность управлять теми или иными приборами удаленно, предотвращение чрезвычайных ситуаций путем автоматического отключения либо включения необходимых приборов.

В текущем проекте реализовано большое количество полезных технологий, таких как:

- газовая сигнализация;
- сигнализация на протечку воды;
- автоматическое включение и выключение света;
- регулировка яркости освещения;
- возможность управления реле через монитор порта;
- и другие.

Таким образом, система «Умный дом» – это интеграция различных устройств, используемых Вами ежедневно, в единую централизованную и автономную систему управления.

## **Литература**

1 Официальный сайт Arduino [электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc>. – Дата доступа: 12.01.2017.

2 Павловская, Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня : учебное пособие / Т. А. Павловская. – СПб. : Питер, 2003. – 461 с.

**С. Д. Верхогляд, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **СОЗДАНИЕ САЙТА «АЛЛЕЯ СЛАВЫ»**

В 2014 году, в городе Гомеле, была открыта «Аллея Славы», в которой увековечены герои ВОВ. Сайт будет нести в себе информацию об этих людях. Актуальность этого проекта в том, что в одном месте, будет собрана вся информация о героях, т.е. их биография.

Задача состоит в том, чтобы создать удобный информационно-познавательный сайт и наполнить его информацией.

Для создания сайта используется язык разметки HTML5, каскадных таблиц стилей CSS3, язык программирования PHP, а также язык

Современные информационные технологии  
Прикладные программно-аппаратные системы

структурированных запросов SQL. В качестве локального сервера для сайта использован OpenServer, текстовый редактор brackets.

При помощи языка разметки HTML5 и CSS3, будет разработана визуальная оболочка сайта. Инструменты HTML и CSS будут отвечать у нас за то, как сайт будет выглядеть. Также для сайта нам понадобится база данных, которая в себе будет хранить информацию о героях, их биографию, фотографии. С помощью языка программирования PHP и языка структурированных запросов SQL мы создадим базу данных, которая будет подключена к сайту.

Данный проект реализован и использованием база данных MySQL. MySQL – это программное обеспечение, с которым могут работать множество популярных языков программирования (PHP, Java, Perl, C, C++ и другие). При создании проекта сайта «Аллея Славы», находящейся в сквере, в городе Гомеле Республики Беларусь, использовался текстовый редактор Brackets и графический редактор Adobe Photoshop. В процессе создания сайта были использованы основные технологии веб-мастера, такие как HTML, CSS, JavaScript.

В настоящее время ведется наполнение базы данных информационного сайта «Аллея Славы» информацией, посвященной памяти героев, которые защищали свою родину. Для движения по сайту разработано меню и его дизайн.

Этот информационный сайт «Аллея славы», дает пользователям интересную и нужную информацию о героях Великой Отечественной войны», звании, биографии, пройденный ими военный путь, а также фотографии самого сквера и «Аллеи славы».

**А. С. Гануш, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **САЙТ «КОРМ В ДОМ» НА ПЛАТФОРМЕ WORDPRESS**

Интернет развивается довольно стремительно. На сегодняшний день актуальной темой является создание сайтов, так как любая сфера деятельности, независимо от того, связана она с товарами или же услугами, нуждается в информировании, и, конкретно, интернет-магазинов. Растет темп жизни людей, поэтому большинство покупок совершается в интернете в свободную минуту.

Созданная система представляет собой интернет-магазин товаров для животных. Интернет-магазин является удобным способом покупки товара через Интернет. В разработанной системе предоставляется возможность поиска и заказа товаров, получения информации, применения различного вида сортировки списка товаров, получения статистики заказов по различным товарам. Для того, чтобы пользователь системы мог быстро найти нужную ему информацию и осуществить задуманные действия система разбита на разделы и подразделы.

Данная система основана на технологии CMS WordPress. На сегодняшний день данная технология является наиболее популярной и предоставляет достаточно широкие возможности для разработки. WordPress представляет собой систему управления содержимым сайта с открытым исходным кодом. Написана на PHP, сервер базы данных – MySQL. Выпущена под лицензией GNU GPL версии. Сфера применения данной технологии довольно обширна, от блогов до достаточно сложных новостных ресурсов и интернет-магазинов. Одной из главных особенностей WordPress является структура организации базы данных. Гибкость и функциональность связей позволяют создавать и выводить на страницу материал любого вида с любыми параметрами.

Система логически разделена на несколько основных частей: информационная панель, панель заказа, корзина товаров. Такое разделение помогает быстрее адаптироваться и начать полноценную работу.

Поддержку и администрирование разработанной системы может осуществлять абсолютно не связанный с программированием человек, так как система является интуитивно понятной для любого пользователя.

**А. Д. Голосова, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗРИТЕЛЬНО–МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ**

Разработка и использование программных продуктов упрощает исследования в различных областях науки. В процессе написания данной работы была поставлена задача автоматизировать процесс определения скорости зрительно-моторной реакции человека. Для этого была разработана программа, позволяющие настроить параметры этих тестов, и среда тестирования. Программный продукт был разра-



ботан в среде C++ Builder, что позволило реализовать визуализацию параметров тестов.

Способность реагировать на изменение светового потока является наиболее фундаментальным свойством зрительной системы, лежащим в основе всех остальных сторон ее деятельности. В области исследования зрительно-моторной реакции выделяют 2 основные направления: изучение просто и сложной зрительно-моторной реакции. Назначением разработанных приложений является настройка параметров тестов для оценки скорости зрительно-моторной реакции человека. Разработано два приложения: приложение настройки тестов и тестовая среда.

Настройки тестов передаются между программами в виде INI-файла. В программе информация, полученная из файла настроек, хранится с помощью структур данных. Файлы по каждому тесту группируются в соответствующие папки, которые называются так же, как и тест. Все папки с тестами лежат в каталоге Results, которая находится в корневой директории программ.

Актуальность и практическая значимость работы заключается в создании приложения для определения скорости сложной зрительно-моторной реакции человека с использованием различных настраиваемых тестов.

Полученные результаты могут быть полезны в профессиональном дифференцировании, диагностических целях, при оценке эффективности коррекционно-развивающих и реабилитационно-восстановительных мероприятий, а также в различных физиологических исследованиях.

**А. Е. Гончарук, И. П. Акулич**  
(ВА РБ, Минск)

**ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО УЧЕТА АБИТУРИЕНТОВ  
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

Программное средство разрабатывается для применения в ходе работы приемной комиссии. Оно обеспечит удобный ввод информации об абитуриентах, предоставит возможность быстрой генерации справок и отчетов, обеспечит быстрый поиск информации об абитуриентах в базе данных.

Программа разрабатывается с использованием технологии быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Development), которая получила широкое распространение.

Основой приложения является база данных, в которой будет собираться вся информация об абитуриентах. Работа с базой данных организовывается через веб-приложение. Реализация системы в виде веб-приложения удобна для пользователей. Веб-приложение представляет каждому пользователю удобный доступ к тем функциям, на использование которых у него есть право.

Веб-приложение разрабатывается в среде Application Express (Oracle APEX). Oracle APEX сочетает в себе высокую производительность, безопасность, интегрируемость и масштабируемость корпоративных баз данных, разработанных на основе веб-технологий, с простотой использования, доступностью и гибкостью персональных баз данных.

Программирование, поддерживаемое в Oracle APEX, является *декларативным*. Это означает, что нет необходимости в генерировании или компилировании кода приложения, а конечный пользователь взаимодействует только лишь с результатом его работы. При таком подходе разработка в декларативном языке выглядит как некий конструктор состоящий из множество блоков, применимых в той или иной ситуации.

APEX предоставляет работу с данными в режиме реального времени, хранящимися в базе данных. При создании или расширении приложений, APEX создает или изменяет метаданные. Когда приложение запускается, APEX отображает страницу на основе получаемых метаданных. Это означает, что несколько разработчиков могут редактировать одни и те же страницы, и изменения можно увидеть сразу же после запуска приложения.

**В. М. Горбатовский, И. П. Акулич**  
(ВА РБ, Минск)

## **ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО СКРЫТИЯ ДАННЫХ В ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛАХ МЕТОДАМИ СТЕГАНОГРАФИИ**

Задача надежной защиты информации от несанкционированного доступа является актуальной на современном этапе развития компью-

терных технологий. Массовое применение компьютерных систем, позволившее решить задачу автоматизации процессов обработки больших объемов информации, сделало эти процессы чрезвычайно уязвимыми по отношению к агрессивным воздействиям.

Способы и методы скрытия секретных сообщений известны с давних времен. В отличие от криптографической защиты информации, предназначенной для скрытия содержания информации, стеганографическая защита предназначена для скрытия факта наличия (передачи) информации.

Разрабатываемое программное средство предназначено для скрытия данных методом стеганографии. Интерфейс приложения представлен на рисунке 1.

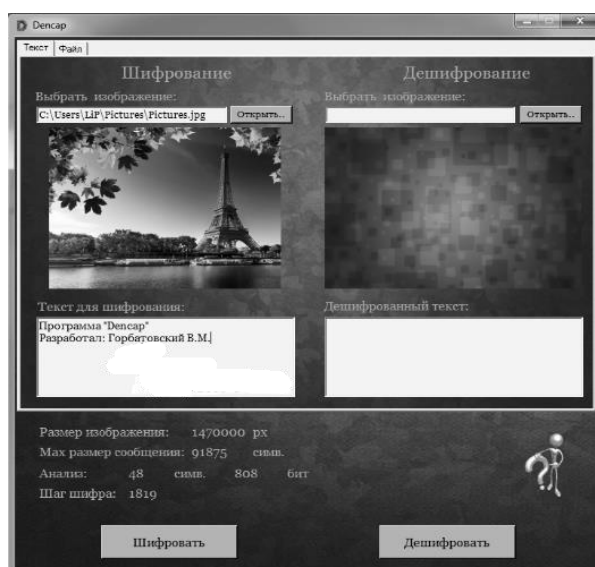


Рисунок 1 – Интерфейс приложения

В разрабатываемом программном обеспечении шифрование производится методом замены наименьших значащих битов – LSB (Least Significant Bits). Он заключается в использовании погрешности дискретизации, которая существует в оцифрованных изображениях или аудио- и видеофайлах. Данная погрешность равна наименьшему значащему разряду числа, определяющему величину цветовой составляющей элемента изображения (пикселя). Младшие разряды цифровых отсчетов содержат мало полезной информации о текущих параметрах звука и визуального образа. Их заполнение не влияет на качество восприятия, что и дает возможность для скрытия дополнительной информации.

**Д. С. Горбунов, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЗАКАЗА ПИТАНИЯ СОТРУДНИКАМИ  
ИООО «ЭПАМ СИСТЕМЗ»  
НА БАЗЕ DJANGO / TASTYPIE / ANGULAR**

Одной из востребованных и актуальных задач на иностранном предприятии ИООО «ЭПАМ Системз» является централизация процесса заказа и доставки обеденного питания сотрудниками предприятия. Востребованность наличия системы, позволяющей решить данную задачу, определяется возможностью снижения количества временных ресурсов, затрачиваемых сотрудниками на процесс поиска, заказа и ожидания доставки питания.

Django – свободный программный каркас для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC. Сайт на Django строится из одного или нескольких приложений, которые рекомендуется делать отчуждаемыми и подключаемыми. Это одно из существенных архитектурных отличий этого каркаса от некоторых других. Также, в отличие от других каркасов, обработчики URL в Django конфигурируются явно при помощи регулярных выражений, а не выводятся автоматически из структуры моделей контроллеров. Для работы с базой данных Django использует собственный ORM, в котором модель данных описывается классами Python, и по ней генерируется схема базы данных.

Angular – JavaScript-Фреймворк с открытым исходным кодом. Предназначен для разработки одностраничных приложений. Его цель – расширение браузерных приложений на основе MVC-шаблона, а также упрощение тестирования и разработки. Фреймворк работает с HTML, содержащим дополнительные пользовательские атрибуты, которые описываются директивами, и связывает ввод или вывод области страницы с моделью, представляющей собой обычные переменные JavaScript. Значения этих переменных задаются вручную или извлекаются из статических или динамических JSON-данных.

Создано веб-приложение, взаимодействующее с сервером посредством REST API. Заказ и доставка питания происходит централизованно с использованием универсального интерфейса. Информация о заказах хранится в единой базе данных и представляется в удобном виде для

поставщиков питания. Данная система позволяет произвести заказ для произвольного числа сотрудников, затратив при этом не более 5 минут, что очевидно значительно экономит временные ресурсы предприятия.

**А. С. Грекова, А. А. Слука**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ДВИЖКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ БИБЛИОТЕКИ SDL 2.0**

Разработка игр занимает одну из самых популярных ниш в мире информационных технологий. В начале развития игровой индустрии механика компьютерных игр была довольно примитивной, что являлось следствием низкой производительности компьютеров. Но аппаратное обеспечение развивается довольно быстро, и большой объём вычислений уже не проблема для компьютера. Поэтому современные игры могут использовать более совершенную графику и физику. Нынешний мир информационных технологий предлагает программисту огромное количество средств для создания игр, таких как различные графические, математические, звуковые и иные библиотеки, а также готовые графические и физические движки, которые содержат в себе массу уже реализованных другими разработчиками решений. Каждый из них имеет свои области применения, сильные и слабые стороны, достоинства и недостатки.

Для разработки данного проекта была выбрана библиотека SDL 2.0, которая позволяет работать с изображениями, звуковой информацией, устройствами ввода и т. п. Разработанный игровой движок обеспечивает отрисовку игровых объектов, в том числе и анимационных, и хотя используется 2D-графика, её отрисовка реализована на основе современных возможностей ускорений графики. Также движок содержит функции для хранения различной игровой информации, работы со звуком, взаимодействия между игровыми компонентами, объектами, создания карт и др. Для реализации хранения и обработки информации об игровом объекте использовалась компонентная модель, то есть каждый объект представляет собой совокупность компонентов, которые выполняют отведённые им функции. Для этого наряду с объектно-ориентированной парадигмой использовался компонентный подход к составлению программы.

### **Литература**

- 1 Лафоре, Р. Объектно-ориентированное программирование в С++ / Р. Лафоре. – СПб. : Питер, 2011. – 928 с.
- 2 Ламот, А. Программирование трёхмерных игр для Windows. Советы профессионала по трёхмерной графике и растеризации / А. Ламот. – Вильямс, 2004. – 1424 с.

**М. О. Грищенко, Е. М. Березовская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБОРОТА СЛУЖЕБНЫХ ПИСЕМ**

В современном мире жизненно важно оперативное получение и обработка информации, а так же обеспечение доступа к ней ответственных лиц. Любое предприятие при выходе на рынок оказывается в условиях жестокой конкуренции. В такой ситуации самым разумным решением остается перенос основного документооборота в электронный вид, оставляя бумажный вариант только как вспомогательный. Стоит стремиться к тому, чтоб как можно меньше действий производилось пользователем таких систем, это сэкономит время, а значит и финансовые активы предприятия. Хорошо продуманная система документооборота позволяет ускорить работу и самого предприятия, а так же повысить его эффективность и конкурентоспособность. Проблема автоматизации документации достаточно обширная и требует поэтапного решения часто специализированного под конкретное предприятие.

Разработка автоматизированной системы обмена служебными письмами одно из частичных решений автоматизации, созданное для упрощения работы с заявками сервисного центра: наблюдение за тем какие заявки были переданы и исполнены, а какие находятся в процессе исполнения или только находятся в очереди на исполнение. Так же реализована работа со справочниками и удобная система навигации.

Объектом предлагаемой работы является процесс создания приложения по учету заявок, планирование структуры, разработка интерфейса и структуры базы данных.

Для выполнения поставленной задачи использовались следующие программные средства и языки программирования:

- язык разметки гипертекста HTML;
- технология Model-view-controller;
- библиотеки Language Integrated Query(LINQ);
- изучение среды программирования Visual Studio.

С помощью фреймворка MVC была спроектирована и разработана «Автоматизированная система оборота служебных писем» для сервисного центра, включающая в себя разработку пользовательского интерфейса для программы; спроектирована база данных, в которой хранятся данные о заявках, работниках и бригадах. Разработаны алгоритмы для реализации поставленной задачи; построены структуры и связи таблиц базы данных; созданы функциональные запросы обновления таблиц; рассмотрены вопросы электронного документа оборота; разобраны базовые средства поиска и сортировки. Приложение взаимодействует с разработанной базой данных, позволяет обрабатывать служебные письма, содержащие заявки в сервисный центр.

Разработанное приложение было внедрено в производственный процесс ООО «Сирокко».

**Ю. Н. Данцевич, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ CUCUMBER ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ**

В настоящее время разработано большое количество облачных платформ, которые отличаются как по функционалу, так и стоимости. Как и любое программное обеспечение, облачные платформы проходят процесс тестирования.

Cucumber – это программный продукт, позволяющий производить тестирование различного по функционалу и назначению программного обеспечения. Cucumber запускает автоматические тесты, написание которых было произведено с помощью языка Gherkin. Gherkin – человеко-читаемый язык для описания поведения системы. При этом описание дается на естественном языке. Каждый вариант использования системы в Cucumber называется Feature. Все они лежат в одноименной папке features с расширением файла \*.feature. В каждом файле описывается один или несколько сценариев поведения системы Scenario, описывающих вариант использования.

На рисунке 1 приведено описание шагов выполнения тестов на языке Gherkin.

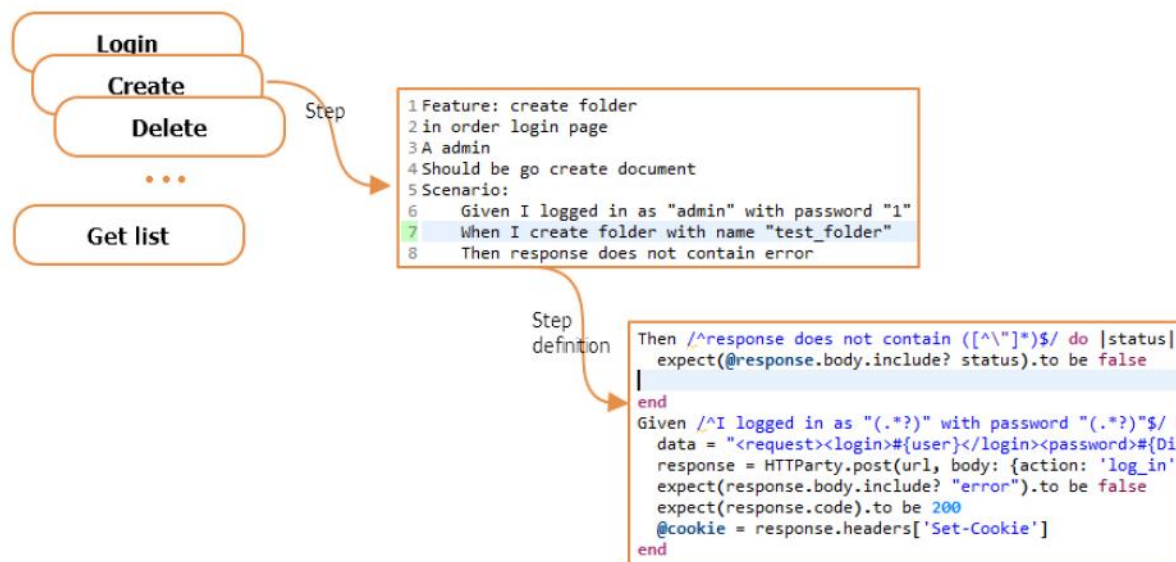


Рисунок 1 – Пример теста на языке Gherkin

В ходе данной работы были разработаны тесты на предметно-специфичном языке Gherkin, разработан модуль тестирования облачной платформы и выполнена реализация тестов на языке Ruby.

**А. Ю. Даукша, А. И. Бражук**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ОБЛАЧНОМУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ИНТЕРНЕТ- ПОРТАЛУ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

Интернет-портал – это Веб-ориентированная программная инфраструктура, предоставляющая доступ к информационным активам организации. Технически портал – каталог корпоративных информационных сервисов, обеспечивающий для пользователей единую точку доступа к ним, а также передачу данных между различными сервисами в рамках сеанса работы пользователя [1].

Таким образом, основная задача облачного Интернет-портала учреждения образования – обеспечение доступа к сервисам (функциям) Единого информационного пространства. Осуществление данной задачи требует реализации следующих основных функций:



– *Агрегация корпоративных данных.* Портал должен обеспечивать получение данных из различных источников корпоративной среды, фильтрацию и элементы анализа для оптимизации их представления.

– *Интеграция функций единого информационного пространства посредством интерфейса портала.*

– *Процедура единого входа.* Пользователь вводит свои учетные данные только один раз (при входе на портал).

– *Персонализация.* Подразумевает оптимизацию окружения портала для данного конкретного пользователя.

– *Унификация интерфейсов.* Заключается, во-первых, в поддержке различных способов взаимодействия с порталом; во-вторых, единообразном представлении всех возможных интерфейсов, логики работы и принципов дизайна.

– *Функция самообслуживания.* Заключается в возможности выбора и подключения необходимых сервисов пользователем в автоматическом режиме (в том числе и на условиях оплаты).

– *Обеспечение современного обучения.* Осуществляется путем реализации или интеграции в рамках портала инновационных образовательных технологий.

## Литература

1 Чернышенко, С. В. Методологические основы создания, внедрения и развития интегрированной информационной системы управления университетом / С. В. Чернышенко, Ю. И. Воротницкий. – Сумы : Сумский государственный университет, 2015. – 343 с.

**Т. С. Дубовик, Е. М. Березовская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РАБОТЫ С ВЕБ-СЕРВИСАМИ ЧЕРЕЗ WSDL**

Во всем мире компании стараются максимально использовать возможности Интернета для повышения эффективности своих бизнес-процессов. Современное коммерческое предприятие трудно представить без информационных систем различного назначения:

бухгалтерских, финансово-аналитических, производственных, складских и т. д. Большое предприятие использует большие многофункциональные информационные системы, часто несколько одновременно. А есть еще поставщики, клиенты, партнеры, у которых свои, не менее сложные и специфичные, информационные системы, и с ними информационным системам предприятия необходимо взаимодействовать. Как организовать это взаимодействие? Ответ очень прост – наиболее эффективным инструментом решения будут веб-сервисы.

Итак, задачей предлагаемой работы является создание библиотеки для работы с веб-сервисами через WSDL. Библиотека в первую очередь предназначена для разработчиков, работающих с информационными системами различного назначения. Используя данную библиотеку, можно буквально в три шага получить информацию о веб-сервисе, вызвать нужный метод с указанными параметрами и получить ответ на запрос от указанного веб-сервиса. Разработчику не нужно знать ничего об устройстве веб-сервисов и установлении соединения с ними, чтобы получить нужную информацию – библиотека всё сделает сама.

При разработке приложения использовались технологии:

- программирование приложения с использованием .NET Framework;
- использование динамической компиляции и отражения;
- ООП;
- работа со справочным материалом – MSDN, RSDN и др.

В результате выполнения работы разработано веб-приложение, отвечающее следующим требованиям:

- высокая скорость работы;
- удобство пользования;
- нетребовательность к ресурсам;
- стабильная работа в критических ситуациях.

Созданная библиотека служит для получения списка методов веб-сервисов и вызова методов веб-сервисов. Для работы с библиотекой был спроектирован и реализован пользовательский интерфейс.

**Д. О. Жевнов, А. А. Слука**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АРМ ОРГАНИЗАТОРА КОМПЬЮТЕРНЫХ КУРСОВ «КОМПЬЮТЕР С НУЛЯ» ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ**

В современном обществе немаловажное значение имеет компьютерная грамотность населения, так как информационные технологии очень прочно вошли в нашу жизнь. Всё больше государственных и социальных услуг обретают электронный вид, пользование различными сервисами осуществляются с помощью Интернета, поэтому обучение навыкам работы на компьютере является весьма актуальной задачей. Согласно статистике, в последнее время особый интерес к современным технологиям проявляют люди пенсионного возраста, начинают активно пользоваться электронными услугами, становятся Интернет-пользователями. Таким образом, существует необходимость проведения курсов повышения компьютерной грамотности для слушателей-пенсионеров.

Для решения этой проблемы были созданы бесплатные обучающие курсы «Компьютер с нуля» для пожилых людей, на которых студенты математического факультета ГГУ им. Ф. Скорины помогают освоить работу с компьютером.

В связи с тем, что освоить компьютер обращаются большое количество пожилых людей, а также студенты, которые готовы помочь в организации обучающих курсов «Компьютер с нуля», возникла необходимость создания автоматизированного рабочего места организатора курсов обучения компьютерной грамотности пожилых людей.

Цель работы – создать приложение для ведения учета информации, как и о преподавателях-волонтерах, так и о пожилых студентах. Генерируемые программой анкеты хранят всю необходимую информацию (фото, ФИО, интересы и прочее). Во избежание нестандартных ситуаций, приложение дает возможность составить график проведения занятий для группы обучаемых, закрепленной за определенным преподавателем-волонтером. Для каждого занятия в графике указываются и темы, которые будут или были изучены. Так же имеется функция, которая позволяет для обучающего быстро подготовить документ для печати, где будет его расписание занятий с темами, которые будут разбираться. Разработанная программа имеет в себе все необходимые функции для стабильной и качественной работы.

**Д. А. Жигар, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА, ОРГАНИЗУЮЩЕГО МОРСКИЕ КРУИЗЫ**

В современном мире невозможно представить реализацию любого проекта без высоких технологий. Правильное использование такого ресурса, как IT-технологии, оптимизирует любую отрасль. В связи с этим происходит стремительное внедрение данных технологий. Если еще 10–15 лет назад основным ресурсом для хранения информации была бумага, то сейчас благодаря IT и интернету способы доступа и хранения до любого желаемого ресурса удобны и экономичны.

В нашем мире существуют миллионы организаций, представительств которых располагаются по всему миру. Без интернета доступ к их услугам и ресурсам был бы ограничен и плохо реализуем. К счастью таких организаций, эти времена позади. Современные компании по умолчанию имеют свой сайт с услугами или сайт-визитку.

Исходя из всего вышесказанного, существует множество технологий и языков программирования для конструирования сайтов. Одним из таких языков является PHP. Главным фактором этого языка является: практичность и безопасность. Существует еще одна «характеристика», которая делает PHP особенно привлекательным: он распространяется бесплатно с открытыми исходными кодами (Open Source).

В стандартный набор функций PHP входит ряд надежных механизмов шифрования. Одним из преимуществ является то, что исходный текст сценариев PHP нельзя просмотреть в браузере, поскольку сценарий компилируется до его отправки по запросу пользователя. Кроме того, хорошо структурированные приложения PHP легко расширяются по мере необходимости.

Поскольку PHP является встраиваемым (embedded) языком и отличается исключительной гибкостью по отношению к потребностям разработчика, при создании сайта он был интегрирован с HTML и JavaScript. База данных была создана в MySQL.

Разработанный сайт со стороны пользователя позволяет просматривать каталог предлагаемых туров и подробную информацию о них, оформлять заказ, а так же предоставляет обратную связь с администрацией сайта через личный кабинет. Со стороны администрации существует возможность добавления товаров, управления категориями и заказами.

**А. С. Качкин, Д. В. Ратобыльская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ – ПЛАНИРОВЩИКА РЕЖИМА ПИТАНИЯ И ТРЕНИРОВОК POWERFIT**

Оборот рынка приложений для мобильных устройств, согласно прогнозу аналитической компании App Annie, в 2017 году составит 166 млрд. долларов. Пользователям доступны приложения любого вида: игры, приложения для работы, обучающие приложения и пр.

Созданное приложение, PowerFit, реализовано на базе OS Android с использованием языка программирования Java.

Представляемое приложение относится к классу фитнес и хелси планеров – приложений, позволяющих сформировать собственный календарь физических нагрузок и правильный рацион питания. Несмотря на изобилие подобных мобильных программ, приложение PowerFit обладает рядом преимуществ.

Состоит из 2 разделов: тренировки и питание. Раздел питания включает в себя составление рациона, калькулятор калорий, просмотр калорийности продуктов. Раздел тренировок состоит из расчета нагрузки, составления тренировочного плана, просмотра упражнений, и дневника тренировок.

В зависимости от целей тренировок пользователя представлены три программы занятий: для похудения, для увеличения массы, для развития силы.

Исходя из физиологических параметров пользователя и его целей, приложение позволяет подобрать оптимальный тренировочный план: комплексы упражнений, количество подходов, время и продолжительность занятий.

Помимо рекомендаций по составлению тренировочного плана приложение содержит раздел с описанием техники правильного исполнения упражнений, указанием на задействованные группы мышц.

Для организации правильного питания в приложении предусмотрен дневник питания, включающий как общие рекомендации – дневную норму белков, жиров и углеводов, так и подробный дневной рацион питания. Рацион включает перечень продуктов или блюд, с указанием размера порции и рекомендуемого времени приема. Готовую

базу данных с перечнем продуктов и блюд пользователь имеет возможность дополнять и корректировать.

Планируется дальнейшее размещение приложения на Google Play в качестве бесплатного продукта.

**А. А. Киселёв**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В информатике одним из актуальных направлений является построение программных приложений распознавания рукописного текста. В настоящее время предложено достаточно большое число решений проблемы распознавания рукописных текстов, однако повышение качества и эффективности распознавания с применением новых алгоритмов классификации образов на основе технологии искусственных нейронных сетей является важной и актуальной задачей.

Распознавание образов – это задача классификации объекта или выявления его свойств на основе выявляемых закономерностей. Проблема распознавания традиционно связана с последовательной реализацией этапа *обучения* и этапа *непосредственно распознавания*.

Обучение происходит путем демонстрации отдельных объектов с указанием их принадлежности к определенному классу. В процессе обучения необходимо указать только сами объекты и их принадлежность к определенному классу. В результате обучения распознающая система должна стать изоморфна по отношению к однотипным объектам. После реализации этапа обучения выполняется распознавание новых объектов.

Основная проблема распознавания образов заключается в автоматизации этих процессов. В том случае, если человек сам находит правило классификации, а затем навязывает машине это правило, проблема распознавания решается не полностью, так как основная часть проблемы связанная с обучением решается не машиной, а человеком.

Выбор начального описания объектов является одной из ключевых задач в проблеме распознавания образов. При удачном выборе начального описания задача распознавания может оказаться тривиальной и, наоборот, неудачно выбранное начальное описание может

привести либо к очень сложному дальнейшему анализу данных, либо вообще к отсутствию какого-либо решения.

### Литература

1 Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е издание: пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

**И. И. Коляскин, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА MICROSOFT XNA**

Одной из технологий по разработку игр является Microsoft XNA. Такие игры пишутся для среды времени выполнения .NET Framework на языке C#, поэтому они могут запускаться на поддерживающих его платформах (Windows, Windows Phone и Xbox).

Для создания кроссплатформенного приложения потребуется установить Xamarin и MonoGame на компьютер. Кроссплатформенный проект потребует создания полностью нового решения. Требуемый тип проекта – MonoGame for Android Application. Нужно выбрать версию целевой платформы в настройках проекта. Далее переносим в новый проект ресурсы и «внутренние» классы игры, то есть игровые сущности. Логика самой игры не зависит от используемой платформы, поскольку она не взаимодействует с фреймворком и окружением напрямую. Эти файлы можно перенести без изменения.

Далее описываются «внешние» классы. Как и раньше, главным классом является класс Game. Его структура и назначение схожи с аналогичным классом из классического XNA. Несколько иначе может происходить загрузка ресурсов, поскольку структура проекта немного отличается, и путь к файлам может быть другим. В остальном внутренности проектов идентичны.

Созданная игра работает на устройствах под управлением Windows Phone и Android, несмотря на то, что его код написан на языке C# и логика приложения не претерпела значительных изменений. Приложение представляет собой игру, которая готова к загрузке в магазин приложений, откуда любой пользователь сможет загрузить её на свой телефон. Добавление баннеров с рекламой, поставляемой

сервисами Microsoft или Google, может принести финансовую прибыль от приложения.

В результате работы было создано игровое приложение, представляющее собой головоломку, в которой игрок должен найти среди звезд заданное созвездие. В игре имеется несколько уровней различной сложности. Каждый уровень содержит определенное количество созвездий для поиска. Форма и расположение созвездий подобны реально существующим объектам. Игра содержит множество декоративных элементов, изменяющие форму, яркость и цвет, иллюстрации ко всем созвездиям.

**Ю. Р. Корабицкая, А. А. Слука**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ ДЕСКТОПНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ РЕСТОРАНА**

В разработке автоматизированного рабочего места полностью выполнена поставленная задача. Программа имеет удобный для пользователя интерфейс, который позволяет легко работать с программой даже без специального обучения. Программа легко модифицируется для решения более широких задач. Программа «Заказы» является отдельной разработанной частью системы автоматизации ресторана быстрого питания. Для того, чтобы составить меню предприятия общественного питания, необходимо знать его назначение и основные принципы составления, которые также были рассмотрены в данной работе. Также было более детально изучено составление меню ресторана. После изучения всей этой информации было составлено типовое меню. Ресторан «Волна» – современное предприятие общественного питания, развивающееся в нужном направлении ресторанной политики с соблюдением основных принципов функционирования, но естественно, популярное меню, отличное обслуживание еще не гарантируют ресторану прибыли, если никто, за исключением постоянных клиентов, не будет об этом знать. Поэтому для любого ресторана важно вести работу по продвижению своих услуг – это позволит привлекать больше гостей и получать стабильную прибыль.

Разработанное приложение выполняет следующие задачи: содержит подробные сведения о ресторане, меню, стоимости блюд и



напитков, предлагаемых в данном заведении и т.д.; формирует информацию о сделанных заказах; ведёт учёт о работе официантов; дает возможность просмотреть прибыль ресторана за день, путём выбора даты, а так же позволит просмотреть сумму каждого заказа; база данных позволяет полностью автоматизировать информацию о ресторане, а также облегчает его рабочую деятельность.

### **Литература**

1 Арсеньев, Ю. Н. Информационные системы и технологии. Экономика. Управление. Бизнес / Ю. Н. Арсеньев, С. И. Шелобаев, Т. Ю. Давыдова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 447 с.

**Р. С. Крейза, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Применение нейронных сетей для решения различных задач стало актуальным в последние несколько лет. Это, в первую очередь, задачи классификации образов и кластеризации/категоризации объектов.

Использование классических нейронных сетей для распознавания изображений затруднено, как правило, большой размерностью вектора входных значений нейронной сети, большим количеством нейронов в промежуточных слоях и, как следствие, большими затратами вычислительных ресурсов на обучение и вычисление сети. Поэтому в данной работе была использована сверточная нейронная сеть, т.к. ей в меньшей степени присущи описанные выше недостатки.

Для написания приложения использующего нейронную сеть для локализации изображений прежде всего понадобилось сформировать обучающую и тестовую выборку данных, для этого был использована база классифицированных изображений ImageNet. Для загрузки и подготовки данных к обработке нейронной сетью использовалась библиотека DataVec – библиотека векторизации данных для машинного обучения.

Конструирование и обучение нейронной сети происходит с помощью библиотеки DeepLearning4j представляющей инструменты для конструирования нейронных сетей. С ее помощью можно

конфигурировать происходит конфигурирование нейронной сети формирование слоев нейронов, выбор активационной функции, вставка входных параметров.

Все машинное обучение базируется на векторной математике что в отношении изображений требует очень больших системных ресурсов. Для подобных вычислений ресурсов центрального процессора недостаточно поэтому для увеличения скорости работы с данными и соответственно уменьшения времени обучения используется библиотека ND4J которая позволяет работать с произвольными n-мерными массивами и имеет реализации, использующие как центральный, так и графический процессоры. Использование данной библиотеки и графического процессора увеличивает скорость обучения сети в 4–5 раз.

Для написания приложения был выбран язык Java. Взаимодействие пользователя и приложения происходит посредством пользовательского интерфейса, написанного с помощью JavaFX.

**Р. А. Кригин, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН ПО ПРОДАЖЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET MVC**

В наше время миллионы людей ежедневно, не выходя из дому, покупают различные товары и услуги в электронных магазинах. В мире огромными темпами растет количество пользователей Интернет и, как следствие, количество потенциальных «электронных» покупателей.

Электронные магазины существенно уменьшают издержки производителя, сэкономя на содержании обычного магазина, расширяют рынки сбыта, так же как и расширяет возможность покупателя по приобретению любого товара в любое время в любой стране, в любом городе, в любое время суток, в любое время года. Это дает электронным магазинам неоспариваемое преимущество перед обычными магазинами.

Dynamic HTML – это подход создания интерактивного веб-сайта, использующий сочетание статичного языка разметки HTML, встраиваемого (и выполняемого на стороне клиента) скриптового языка JavaScript, CSS (каскадных таблиц стилей) и DOM (объектной модели документа).

ASP.NET – это технология создания веб-приложений и веб-сервисов от компании Майкрософт. Она является составной частью платформы Microsoft .NET и развитием более старой технологии Microsoft ASP. Active Server Page – язык программирования, используемый для создания динамических веб-страниц, обрабатываемых на стороне сервера.

Разработанный интернет-магазин по продаже мобильных устройств, предоставляет каталоги товаров с различными уровнями вложенности. Описание товаров включает в себя: характеристики товара, стоимость, способы доставки, способы оплаты, отзывы покупателей и т.д. Реализована удобная навигация по сайту и каталогу товаров, авторизация пользователя, пользовательская корзина. Серверная часть обеспечивает безопасность и целостность данных по товарам и заказам. Сайт оформлен с учетом пользовательских потребностей, что делает интернет-магазин более интерактивным и привлекательным для покупателя. Адаптивный дизайн обеспечивает правильное отображение сайта на различных устройствах. Все это способствует успешности интернет-магазина и предоставлению качественного сервиса покупателю.

**А. А. Лапицкий, О. А. Кравченко**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ, ЗАПУЩЕННОГО В ОС ANDROID**

Для использования разнообразных функций мобильного устройства ОС Android предоставляет приложениям разрешения на их выполнение. Эти разрешения могут иметь доступ к конфиденциальной информации на мобильном устройстве или выполнять удаленный доступ к функционалу устройства, таким как камера или доступ в интернет. Приложения, имеющие такие разрешения, являются потенциально опасными для пользователя и его устройства.

Для предоставления пользователю возможности сохранения конфиденциальной информации и ограничения удаленного доступа к устройству необходимо оповещать пользователя о таких приложениях на устройстве. Пользователь должен иметь возможность просмотра описания разрешений для понимания опасности разрешений.

Решением этой задачи является разработанный проект для поиска потенциально опасного приложения, запущенного в ОС Android. Он предоставляет возможность мониторинга разрешений установленных приложений и давать подробное описание опасности предоставленных разрешений.

При разработке данного проекта использовалась среда разработки AndroidStudio с использованием языка программирования Java [1–5]. Сборка проекта осуществлялась средствами сборки Gradle. Тестирование производилось на устройстве с ОС Android.

### Литература

1 Голощапов, А. Л. Android. Создание приложений для смартфонов и планшетных ПК. Наиболее полное руководство / А. Л. Голощапов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 832 с.

2 Гриффитс, Д. HeadFirstAndroidDevelopment / Дон Гриффитс, Дэвид Гриффитс. – California.: O'ReillyMedia, 2015. – 734 с.

3 Майер, Р. Android 2. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов / Рето Майер. – Минск : Эксмо, 2011. – 726 с.

4 Шилдт, Г. Java 2. Наиболее полное руководство / Г. Шилдт, П. Ноутон. – СПб. : Питер, 2007. – 654 с.

5 Хашими, С. Разработка приложений для Android / С. Хашими, С. Коматинени, Д. Маклинг– СПб. : Питер, 2011. – 724 с.

**Ю. А. Лашевич, Г. Ч. Шушкевич**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SCILAB ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ, СВОДЯЩЕЕ К РЕШЕНИЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

В настоящее время существует большое количество пакетов прикладных программ для решения различных задач. Каждая такая система имеет свои преимущества и недостатки. Исходя из этого, пользователь выбирает тот пакет, который ему подходит больше всего.

Scilab – пакет прикладных математических программ, предоставляющий окружения для инженерных и научных расчетов. Одним из преимуществ системы является то, что она бесплатна. Scilab продолжает развиваться, увеличивая перечень своих возможностей.

Прикладные задачи – задачи, применяемые на практике, например, физические задачи. Их решение сводится к решению дифференциальных уравнений в частных производных. Чтобы упростить этот процесс, мы можем использовать систему Scilab.

В Scilab нет средств для непосредственного решения уравнений математической физики. Однако есть возможность решения дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных разностей.

В данной работе была рассмотрена система Scilab. Был изучен ее входной язык, способы программирования и создания графиков. Данная система обладает необходимыми функциями для решения прикладных задач и имеет достаточно преимуществ по сравнению со сходными пакетами прикладных программ.

Результатом данной работы является демонстрация решений прикладных задач с помощью системы Scilab. В дальнейшем планируется изучить моделирование систем в среде Scilab & Xcos, что позволит проектировать системы в области механики, гидравлики и электроники, а также системы массового обслуживания.

### Литература

1 Алексеев, Е. Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. – М. : ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 269 с.

**А. С. Лемехо, О. А. Кравченко**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Создание кроссплатформенной библиотеки, позволяющей разработчику создавать приложения, использующие компьютерную графику и VR-технологии без необходимости написания графического ядра, изучения сложных математических моделей и графических алгоритмов является актуальной задачей, т. к. такие решения становятся все более востребованными на рынке, а платформы, на которых работают данные приложения, достаточно разнообразны.

Предлагаемое решение связано с созданием набора классов, позволяющих выполнять работу с разными аспектами разработки VR-приложений и скрывающих от пользователя всю реализацию. Все это позволит широкому кругу разработчиков создавать приложения, затрачивая минимум времени и усилий на разработку. Также данное решение предполагает работоспособность на большинстве распространенных платформ на рынке (мобильных и настольных), что также расширяет круг применений предлагаемого решения.

Главными особенностями предлагаемой платформы являются: открытое ядро, предоставляющее работу с графикой (применяя библиотеку OpenGL); набор шейдерных программ, реализующих графические эффекты; компоненты для вывода результатов на экран.

Основная концепция платформы связана с упрощением работы по созданию и/или загрузке отдельных компонентов любого графического приложения. Для этого определяются сущности для выводимой модели (Модель, Материал), для компоновки нескольких моделей (Сцена) и для непосредственного рендеринга (Рендерер, Камера, Источники освещения). После этого сущности, отвечающие за рендеринг моделей, аккумулируются в главном компоненте (Мастер-Рендерер), который выводит полученные результаты рендеринга на экран в нужном формате.

Предлагаемая система может быть востребована во многих сферах деятельности, связанных с разработкой графических приложений и требующих возможность запуска на нескольких платформах без переписывания кода (в сфере развлечений; образования, исследований; маркетинга и бизнеса).

**Е. И. Леонков, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА ANGULAR JS**

В современном мире, когда влияние глобальной компьютерной сети Internet велико, все сферы человеческой жизни все больше подвергаются компьютеризации и автоматизации.

Разработанный проект – это web-приложения для планирования задач с использованием фреймворка Angular JS. Следует отметить, что основные преимущества данного web-приложения перед десктопными

следующие: использовать данное web-приложение можно повсеместно, где есть выход в интернет; web-интерфейс данного приложения спроектирован таким образом, что пользоваться можно не только через компьютер и ноутбук, а также с любого другого устройства.

Разработанное web-приложение можно условно разделить на две части: серверная и клиентская. В качестве web-сервера выступает Node.js, основанный на движке V8 (Транслирующий JavaScript в машинный код), а также минималистичный и гибкий web-фреймворк Express, предоставляющий обширный набор функций для мобильных и web-приложений. Архитектура клиентской части немного сложнее и за основу взят фреймворк Angular JS 1.5 который предназначен для разработки одностраничных приложений [1]. Основная сфера применения данного фреймворка – это разработка браузерных приложений на основе MVC-шаблона. Web-интерфейс разработан с использованием фреймворка Bootstrap 3 – это простой и легко настраиваемый HTML, CSS и JavaScript фреймворк [2]. В качестве базы данных использовалась документоориентированная система управления базами данных MongoDB [3]. В текущем проекте реализовано большое количество полезных функции, свойственных для планировщика задач, а также такая полезная вещь как аналитика продуктивности в течение дня, недели, месяца.

### Литература

1 Green, B. AngularJS / B. Green, Sh. Seshadri. – O'Reilly Media, 2013. – 196 с.

2 Bhaumik, S. Bootstrap Essentials / Snig Bhaumik. – Packt Publishing, 2015. – 166 с.

3 Chodorow, K. MongoDB: The Definitive Guide, 2nd Edition / K. Chodorow. – O'Reilly Media, 2013. – 432 с.

**В. А. Лисовский, В. Г. Родченко**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ SUPERVISED LEARNING**

Тысячи людей ежедневно обращаются в медицинские учреждения для диагностики заболеваний и прохождения лечения. Большое количество данных о пациенте, такие как антропометрические признаки,

результаты первичного осмотра и биохимических анализов, а так же назначенное лечение и его результат находят отражение в историях болезни и аналогичных документах.

В то же время лечащий специалист не имеет физической возможности мгновенно проанализировать и обобщить такое огромное количество случаев, что было бы полезно для выявления определенных закономерностей и зависимостей в общей ситуационной картине.

По мере накопления достаточного количества признаков описаний объектов в электронном виде, появляется возможность выделять характерные для определенного заболевания признаки, оценивать риски возникновения болезни, ее длительность и исход, определять наиболее эффективный и безопасный способ лечения, а также диагностировать заболевание.

Такая задача может быть решена созданием компьютерной системы методами машинного обучения. Процедура обучения проводится на основе данных обучающей выборки, которая представляет собой конечную совокупность объектов (признаковых описаний) и соответствующих известных реакций на эти объекты – формализованные истории болезни пациентов. Реакция на другие объекты неизвестна и должна быть установлена, на основе зависимостей, существующих в обучающей выборке. Множество возможных ответов системы конечно и представляет идентификаторы классов.

Анализ данной задачи показывает, что наиболее оптимальным подходом к обучению алгоритмов такой системы является метод минимизации эмпирического риска. Его цель – найти в заданной модели алгоритмов  $A$  такой, который минимизирует среднюю ошибку  $a$  на обучающей выборке  $X^m$

$$a = \underset{a \in A}{\operatorname{argmin}} Q(a, X^m)$$

Предлагается обучение свести к задаче оптимизации и решать на основе численных методов оптимизации.



**Д. М. Луговской, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГОСТИНИЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ**

Современная гостиница представляет собой сложный комплекс функциональных звеньев, от слаженности работы которого зависит успешность существования предприятия на рынке. Учитывая современные тенденции в сфере гостеприимства и конкуренцию, что усиливается, повышается необходимость обеспечения оперативности и точности работы персонала и гостиничного комплекса в целом. Решение данной проблемы возможно лишь за счет внедрения систем автоматизации работы отеля, то есть внедрение Автоматизированных Систем Управления (АСУ) отелем.

АСУ для гостиничных комплексов является комплексом интегрированных подсистем, которые создают эффективную среду взаимодействия сотрудников, клиентов и деловых партнеров – туристических агентств, корпоративных клиентов и туроператоров. И хотя цена таких систем высока, согласно исследованиям корпорации Microsoft, большинство отелей на Западе периодически устанавливают новую систему управления. Это вызвано темпами роста конкурентной борьбы и технологического прогресса – если раньше отели меняли техническое оснащение в среднем каждые 7–9 лет, то сегодня – каждые 3–5 лет, и тенденция сокращения этого срока сохраняется.

Бизнес-процессы, подлежащие автоматизации в отеле, можно разделить на два блока: фронт-офис (внешние бизнес-процессы) и бэк-офис (внутренние бизнес-процессы). Под фронт-офисом отелей понимают структурные подразделения, сотрудников, которые непосредственно взаимодействуют с клиентами службы маркетинга, приема и размещения, бронирования и продаж, сопровождения и обслуживания.

Рассматривая гостиничное предприятие как совокупность функциональных отделов, получим следующую структуру автоматизированной системы управления гостиницей:

- База данных на сервере.
- Модуль портье (модуль номерного фонда).
- Административный модуль.
- Модуль бухгалтерии.
- Дополнительные функциональные модули.

**У. Махмудов, Е. В. Легчекова**  
(БТЭУ ПК, Гомель)

## **СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ GPS-СПУФИНГУ**

В GPS не предусмотрено аутентификации навигационной информации. Гражданский GPS-приёмник ориентируется только на полученные «из антенного входа» данные. Если атакующая сторона имеет возможность управлять электромагнитной картиной на антенне приёмника, то она может «нарисовать» для этого приёмника любую виртуальную конфигурацию спутников и, в общем случае, приёмник не сможет отличить виртуальные координаты от подлинных. Такая активная помеха называется GPS-спуфингом.

Атака на GPS позволяет менять курс беспилотных кораблей, самолетов и автомобилей, а также влиять на автопилот пассажирских самолетов. В 2011 году появились данные о том, что иранские военные смогли «угнать» американский беспилотник, заглушив его связь с базой и с помощью подделки GPS-сигнала, вынудив автопилот считать, что он спокойно прилетел домой.

Для обнаружения GPS-спуфинга предложены различные методы. Например, возможно выделение ложного сигнала на основании определения направления на его источник. Определить направление можно, сравнивая фазы сигнала на нескольких антеннах. Можно использовать в качестве дополнительного источника информации доплеровский сдвиг частот, это актуально для движущихся объектов. Очевиден вариант с инерциальной навигационной системой: такая система автономна, поэтому может обнаружить противоречие в данных, поступающих от GPS-приёмника. Можно попробовать всегда сличать показания GPS, ГЛОНАСС и методов локации, основанных на сотовых вышках или точках доступа Wi-Fi, но в ручном режиме делать это невозможно.

А вот каких-то простых методов противодействия спуфингу – нет. Его можно относительно надёжно обнаружить в простых случаях. Впрочем, типичный «навигатор в смартфоне» не умеет делать даже этого, а пользователи продолжают ошибочно считать GPS надёжной системой и слепо полагаться на её данные.

### **Литература**

1 GPS: глушилки, спуфинг и уязвимости [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://security-corp.org/infosecurity/28967-gps-glushilki-spufing-i-uyazvimosti.html>. – Дата доступа: 12.02.2017.

**В. М. Мироненко, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **КОМПЛЕКС ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СБОРА И ХРАНЕНИЯ МЕТЕОДАНЫХ**

Разработанный комплекс приложений предназначен для получения метеоданных и прогноза погоды по необходимому пользователю населенному пункту, в ближайший период времени. Также данные могут быть получены из архива данных, который автоматически пополняется из различных источников. Для автоматического обновления данных используется серверная технология «Cron», позволяющая запускать алгоритм сбора данных по расписанию.

Комплекс состоит из нескольких частей: серверного и клиентского приложения. Серверное приложение представляет собой веб-сервис, который по запросу клиента отдает необходимую информацию. В зависимости от запроса, сервер может как обратиться к уже собранным данным, в базе данных, так и запустить алгоритм сбора данных с информационных ресурсов. После выполнения алгоритма сбора данных, сервер добавляет собранные данные в базу данных, а также передает обработанную информацию клиенту. Приложение на стороне клиента, после получения данных, анализирует и отображает их пользователю.

Клиентское приложение представляет собой многомодульное приложение, в котором, пользователь, без особых усилий, может получить метеоданные по интересующему его населенному пункту. Также из клиентского приложения пользователь может запросить информацию за некоторый период времени, в течение которого происходил сбор сведений о прогнозе погоды.

Для удобного обновления, а также расширяемости приложения, была разработана система автоматического подключения модулей, позволяющая заменять старые компоненты новыми. При запуске программы, запускается алгоритм поиска модулей. При обнаружении модуля, программа автоматически загружает необходимую информацию о модуле. Такая система позволяет создавать дополнительные компоненты, без необходимости полностью заменять приложение, находящееся у клиента.

При разработке комплекса использовалась среды разработки: Visual Studio 2015, IntelliJ IDEA. Графический интерфейс был разработан с помощью открытой графической библиотеки OpenGL. Серверная часть была разработана на языке PHP с использованием базы данных MySQL.

**А. А. Мишота, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

## **ПОИСК ЗАДАННОГО КОНТЕКСТА В НАБОРЕ ДАННЫХ**

Как правило, стандартный функционал современных операционных систем предоставляет пользователю возможность поиска требуемой программы или файла по ключевым словам в их названии. Данные тезисы посвящены приложению, разработанному для поиска требуемого файла по ключевым словам, находящимся не только в названии, но и в самом файле.

Приложение разработано на языке C#. Для увеличения скорости поиска приложение использует несколько ядер процессора. Эмпирическим путем были подобраны оптимальные размеры буферов для чтения и записи. Особенностью приложения является то, что для поиска заданного контекста в наборе данных в нем может быть использован один из следующих алгоритмов поиска:

- Алгоритм поиска Бойера – Мура.
- Алгоритм Рабина – Карпа.
- Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта.
- Алгоритм Чжу – Такаоки.
- Быстрый поиск.

Реализация в приложении нескольких алгоритмов позволяет сделать приложение более универсальным, не зависящим от характера ключевых слов и искомого файла. Тем не менее, один из указанных алгоритмов используется в приложении «по умолчанию».

Для выбора этого алгоритма был использован критерий – «время поиска контекста». Результаты тестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Алгоритм поиска	Время поиска (мс)
Рябин-Карпа	18870
Бойер-Мур	6177
Кнут-Моррис-Прат	6794
Быстрый поиск	5209

Лучшие результаты показал алгоритм быстрого поиска, который является улучшенной реализацией алгоритма поиска Бойера – Мура.

**С. А. Мишота, С. Е. Пекарчик**  
(БНТУ, Минск)

## **РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ САЙТОВ**

Чем меньше усилий придется приложить посетителю сайта для получения интересующей его информации, тем больше вероятность того, что он задержится на данном сайте. Поэтому при разработке специализированных сайтов в любом случае необходимо понять, чего ждут гости сайта от каждой страницы, и неоднократно пройти за них возможные пути до цели, чтобы оптимизировать этот процесс. При разработке сайта оптимизации навигационной системы должно быть уделено особое внимание. Удобство использования и понятность – главное, к чему необходимо стремиться при создании навигационной модели ресурса.

Данные тезисы посвящены сайту, разработанному для предприятия малого бизнеса, занимающегося ремонтом телефонов и компьютеров. Как правило, стандартный функционал современных сайтов сервисных центров предоставляет пользователю огромный выбор услуг, но зачастую бывает так, что найти ответ на нужный вопрос не так уж и легко.

Перед разработкой навигации описываемого сайта была проанализирована история заказов предприятия, составлен список наиболее часто встречающихся вопросов. Оказалось, что чаще всего заказчиков интересуют вопросы стоимости ремонта экрана телефона и стоимости восстановления телефона после его попадания в воду. Информация по этим и ряду других популярных вопросов была размещена на первой странице сайта.

Сайт разработан с использованием движка “Joomla”. Joomla – система для создания веб-сайтов. Расширенный функционал CMS Joomla позволяет создавать сайты разной степени сложности: от одностраничника до социальной сети. Joomla обеспечивает большой выбор дополнений, расширяющих возможности сайта, которые в свою очередь делятся на 3 вида:

- плагины;
- модули;
- компоненты.

Для ускорения получения ответа на сайте действует возможность задать вопрос консультанту, который даст ответ как можно быстрее. Также предусмотрена возможность создания личного кабинета, просмотра состояния и примерного времени ожидания.

**А. Д. Мосальская, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-САЙТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ PHP, JAVASCRIPT, SQL ДЛЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ**

Сайт представляет собой интернет-магазин. Интернет-магазины давно стали привычным делом. Объем и ассортимент товаров, предлагаемых в интернет-магазинах растет изо дня в день, поэтому вопрос уникальности и содержательности описаний товаров в интернете, а также способность совершать покупки не отходя от компьютера, остаются актуальными в современном мире.

Разработанный сайт предоставляет возможность совершать покупки онлайн, что позволяет покупателю сэкономить время, так как выбор и заказ товара занимает считанные минуты.

При разработке сайта были использованы языки PHP, JavaScript, SQL, CSS и HTML. Для визуального проектирования таблиц была использована утилита phpMyAdmin, написанная на языке PHP и обеспечивающая полноценную, в том числе удаленную, работу с базами данных. PhpMyAdmin позволяет через браузер осуществлять администрирование сервера MySQL, запускать команды SQL и просматривать содержимое таблиц и баз данных.

Навигация осуществляется с помощью меню, реализован слайдер, а также новостная лента с популярными заказами.

База данных содержит в себе учетные записи пользователей, информацию о заказах, а также отзывы и замечания о работе компании. На сайте реализовано разграничение прав доступа. Администратор сайта имеет возможность корректировать ассортимент товара, уведомлять о будущих мероприятиях компании. Благодаря постоянным обновлениям на сайте пользователи всегда в курсе последних новостей сайта. Для пользователей предоставлен ограниченный режим (т. е. без возможности редактирования). Вход в режим администратора

осуществляется с помощью ввода заранее определенного логина и пароля. Все логины в базе данных уникальны, что исключает возможность одинаковых имен пользователей.

Чтобы сделать сайт удобным для всех пользователей предусмотрены две версии сайта: полная версия сайта и мобильная версия. Мобильная версия представляет собой урезанную основную версию, содержащую лишь необходимый функционал, который полезен пользователям мобильных устройств и планшетов.

**И. В. Неред, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ АБИТУРИЕНТА»**

Интернет-приложение «Личный кабинет абитуриента» является составной частью программного комплекса «Приемная комиссия ГГУ им. Ф.Скорины». Данное приложение предоставляет абитуриентам следующие основные возможности:

- регистрацию учётной записи в личном кабинете;
- ввод личной информации абитуриента, включая анкетные данные, данные об образовании, сведения об участии в конкурсе (форма обучения, факультет и специальность обучения), оценки централизованного тестирования (ЦТ) и документа об образовании, сведения о наличии льгот и др.;
- получение сообщений, рассылаемых приемной комиссией (возможно автоматическое дублирование сообщений на электронную почту абитуриента);
- отображение текущего конкурса на выбранную специальность (специальности с общим конкурсом), все специальности с теми же предметами ЦТ, специальности выбранной формы обучения заданного факультета.

Введенная абитуриентом личная информация может быть использована техническими секретарями приемной комиссии, что значительно сокращает время, затрачиваемое в процессе личной подачи документов абитуриентом в приемную комиссию вуза.

Для реализации приложения был использован следующих стек технологий:

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

---

- объектно-ориентированный MVC-фреймворк Yii2, использующий язык программирования PHP версии 5.4;
- система управления базами данных MS SQL Server;
- HTTP-сервер Apache версии 2.3.

Разработанное приложение защищено современными криптографическими стандартами. Для защиты информации от атаки посредника (Man in the middle) используется зашифрованный протокол передачи данных HTTPS. Данные, передаваемые по этому протоколу, упаковываются в криптографический протокол SSL.

Для защиты от целенаправленных атак на сайт (XSS, SQL инъекции, CSRF атаки) используются встроенные в фреймворк Yii2 средства, которые отвечают современным стандартам.

**Нго Фьонг Ле, Г. И. Гульков**  
(БНТУ, Минск)

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИНКОРПОРИРОВАННЫМИ МАГНИТАМИ**

Для проектирования синхронного двигателя с инкорпорированными магнитами, разработано программное обеспечение для автоматизации проектирования двигателя (ПАПД). Программа написана в компьютерном языке C#, что позволяет осуществить высокопроизводительные вычисления и обеспечивает возможность связи с другими программами (FEMM, MATLAB). На рисунке 1 представлена схема ПАПД в связи с другими программами.

ПАПД имеет следующие функции:

- графический пользовательский интерфейс: окно для ввода параметров размеров ротора, статора, материала, и т.д.; отображение результатов; сохранение результатов.
- аналитический расчет и нахождение оптимальных параметров;
- связь с другими программами (FEMM, MATLAB) через ActiveX и программный язык Lua;
- создание и анализ модели конечных элементов двигателя в FEMM;
- создание модели двигателя в Matlab-simulink;



- обработка данных (преобразование abc-dq, анализ Фурье) для отображения результатов на таблице и графике;
- оптимизация параметров двигателя генетическим алгоритмом.
- 

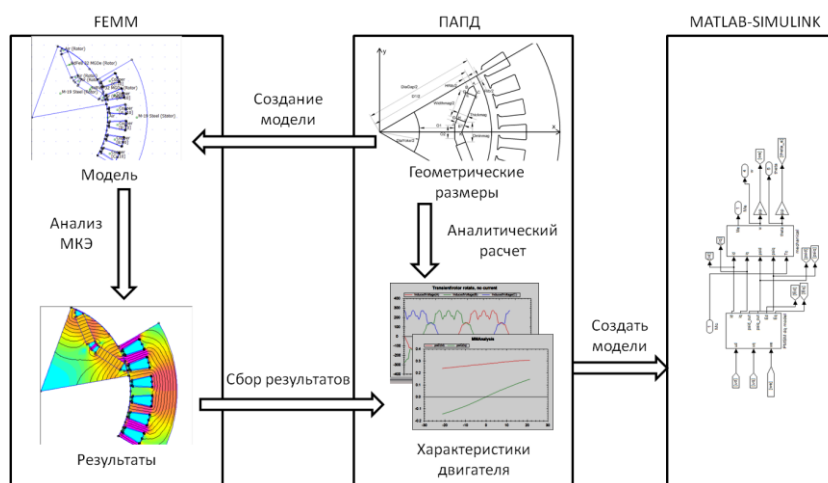


Рисунок 1 – ПАПД в связи с другими программами

**Р. Ю. Новиков, И. А. Мурашко**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПОСЕЩЕНИЯ ЗАНЯТИЙ СТУДЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI**

Задача автоматизированного контроля посещаемости студентами занятий является актуальной. Автоматизация контроля посещения позволяет освободить преподавателя от дополнительной ненужной работы, хранить информация о посещениях занятий в базе данных и формировать различные отчеты. Данная задача может быть решена многими способами: система видеонаблюдения, *RFID* идентификация, формирование списка присутствующих вручную и т.п. Однако каждый из методов имеет свои недостатки. Что не позволяет реализовать эффективный контроль на основании только одного метода.

В данной работе предлагается использовать комплексный подход, включающий видео фиксацию и *Wi-Fi* позиционирование студентов.

Предлагается использовать видеорекамеры на входе в учебные аудитории и *Wi-Fi* позиционирование для периодического контроля нахождения студентов в аудитории в заданное время.

Преимущество *Wi-Fi* в качестве технологии с помощью, которой можно реализовать систему контроля заключается в следующем. Любое учебное или административное здание университета уже оборудовано *Wi-Fi* сетью. Кроме того, именно *Wi-Fi* доминирует среди средств беспроводной передачи информации внутри помещений. И в дальнейшем данная технология будет активно развиваться. В настоящее время все чаще студенты подключаются к информационным ресурсам университета именно по технологии *Wi-Fi*, поэтому их легко идентифицировать в сети университета. Для этого необходимо обеспечить автоматический отклик мобильного устройства студента при попадании на территорию университета. Однако факт нахождения в университете не подтверждает факт присутствия на занятиях, для решения этой проблемы в работе предлагается использовать *Wi-Fi* позиционирование, которое базируется на методике сопоставления с образцом.

Для повышения точности предлагается использовать видео фиксацию студентов на входе в учебные аудитории. Это позволит повысить эффективность работы системы.

**А. А. Петренко, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ПРОДАЖ В КНИЖНОМ МАГАЗИНЕ «КНИГОЧЕЙ»**

Двадцать первый век – это век высоких технологий, век стремительного развития науки и техники, а так же век, когда основой всего стала информация. Происходит стремительная компьютеризация. Если еще 10 лет назад основным источником информации, получаемой из интернета, был компьютер, то сейчас существуют тысячи разнообразных устройств для доступа к сети интернет: смартфоны, планшеты, ноутбуки, телевизоры и т. д.

Сейчас существует миллионы организаций, подразделения и представительства которых разбросаны по всему свету. Без интернета обмен жизненно важной информацией между ними стал бы настоящей проблемой.

Исходя из всего вышесказанного, вполне очевидно возникновение архитектурного стиля REST (Representational State Transfer) – стиля взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети.

REST позволяет с легкостью установить связь между удаленными компьютерами с помощью протокола HTTP. Для данного стиля характерна модель клиент-сервер. Клиентами REST-сервиса могут быть разнообразные приложения: десктопные, мобильные, веб-приложения – что, несомненно, удобно для современных организаций.

При создании автоматизированной системы учета продаж книжного магазина «Книгочей» был создан REST Web-сервис. В качестве клиента для разработанного Web-сервиса было создано Windows Forms приложение. Оба приложения – Web-сервис и клиент – были созданы в среде Visual Studio 2013. База данных книжного магазина была создана в MS SQL Server 2014.

Разработанная система позволяет просматривать каталог предлагаемой продукции магазина, оформлять заказы, а так же предоставляет различные статистические данные. Внедренная авторизация пользователей позволяет работать в режиме администратора, в котором доступны различные функции по управлению данными приложения (редактирование информации о книгах, добавление и удаление продукции книжного магазина, работа с заказами и т. д.).

**С. А. Поддубный, В. В. Бондарева**  
(БТЭУПК, Гомель)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОГО ПОРТАЛА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА**

Пассажиры общественного транспорта активно пользуются информационными ресурсами, предоставляющими информацию о графиках движения и режиме работы маршрутов. Удобство пользования ими и привлекательность городского транспорта зависят от функциональной насыщенности и полноты предлагаемых пользователям сервисов.

Информационно-справочный ресурс «Транспорт в Гомеле» ([gomeltrans.net](http://gomeltrans.net)) – популярный городской портал, предоставляющий информацию о работе общественного транспорта. Предлагается изучить актуальность сервисов, востребованных у пассажиров, и внедрить их на сайт с использованием современных веб-технологий. В частности, запланированы к реализации следующие возможности:

– предоставление графиков движения по выбранной остановке с выводом ближайших отправок, комбинированием обычных и дополнительных рейсов и выбором даты и времени для вывода прогноза прибытия с учётом режима работы маршрутов;

– интеллектуальный поиск необходимой остановки, в том числе по разным вариантам названий (историческим, альтернативным и т. д.) и по текущему местонахождению пользователя с использованием геолокации;

– поиск и прокладка маршрутов между точками, нахождение оптимальной трассы с учётом графиков и режима работы маршрутов;

– создание объединённых транспортных схем;

– обеспечение возможности пользования ресурсом с любых устройств при помощи адаптивной вёрстки.

Предлагаемое усовершенствование ресурса позволит повысить удобство его использования для пассажиров и увеличит привлекательность городского транспорта.

### **Литература**

1 Вучик, В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / В. Р. Вучик. – М. : Территория будущего, 2011. – 574 с.

2 Харитонов, В. А. К вопросу о путях решения транспортных проблем городской среды / В. А. Харитонов. – М. : Вестник МГСУ, 2009. – № 3. – С. 71–74.

**И. И. Рачков, А. А. Слука**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА САЙТА И ИНТЕРНЕТ МАГАЗИНА ДЛЯ АВТОСЕРВИСА**

Задача проекта состоит в том, чтобы разработать сайт для автокомплекса «У Борзого» с индивидуальным дизайном и собственным блогом, для привлечения посетителей на сайт. В блоге будут публиковаться свежие новости по автотематике с возможностью комментирования. Читать статьи смогут все пользователи, но возможность комментирования будет только у зарегистрированных пользователей, которые авторизовались на сайте. А также в сайт будет внедрен онлайн-магазин,

в котором посетитель не выходя из дома сможет заказать любой из предложенных товаров.

Автокомплекс имеет в своем ассортименте большое количество товаров (диски для автомобилей, шины, автозапчасти, масла и т.д.) и потребуется сделать возможность сортировки для удобства. Также будет возможность оставления заявки на обслуживание, специалист автокомплекса свяжется с клиентом. Дизайн будет разрабатываться в программе Adobe Photoshop и согласовывается с заказчиком. После того, как будет выбран дизайн, начнется работа по сбору информации об автосервисе, чтобы станицы сайта были интересны посетителю. В итоге получится большой и интересный ресурс, где можно обслужить свой автомобиль, увидеть самые интересные новости из автотематики, получить советы по обслуживанию своего транспортного средства, заказать необходимую запасную часть и сразу записаться на её установку.

**О. Л. Романенко, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ АДМИНИСТРАТОРА ФИТНЕС-КЛУБА**

Современный бизнес все больше перемещается в интернет-пространство. Успешную организацию невозможно представить без многоуровневого хорошо организованного управляющего сайта. Создание web-приложений и сайтов является одной из важнейших технологий разработки ресурсов Internet. Разработанный проект – это уникальное web-приложение, которое автоматизирует и упрощает работу администратора фитнес-клуба и дает возможность пользователям получить актуальную информацию о текущей организации и планировании работы посещаемого клуба. Отметим, что данное web-приложение имеет такое преимущество, как повсеместная доступность по сети интернет с любого устройства, которое может выйти в сеть (персональный компьютер, лэптоп, смартфон, планшет и др.).

Web-проект состоит из двух частей: публичный сайт, который отображает для пользователей информацию о деятельности фитнес-клуба, и интерфейс администратора, который позволяет управлять функционалом. Приложение разработано с использованием фреймворка Django, который предназначен для разработки web-приложений, написанный

на языке Python. В дистрибутив включены приложения для системы комментариев, синдикации RSS и Atom. Обработчики конфигурируются явно, с использованием регулярных выражений. Фреймворк Django использует в качестве базы данных объектно-реляционное отображение (ORM), в котором модель данных описывается классами Python и по ней генерируется схема базы данных. Такое отображение избавляет от написания большого количества кода, тем самым повышая скорость разработки. Кроме того, ORM позволяет задать код SQL-запросов, который будет использоваться при тех или иных действиях с постоянным объектом, как это представлено в разработанном проекте.

В текущем проекте реализовано большое количество полезных функций, с которыми сталкиваются администраторы фитнес-клуба ежедневно (обновление расписания занятий, учет посетителей и абонементных программ). Так же реализованы функции для сторонних пользователей (просмотр текущей информации о клубе, просмотр информации о персонале, подача заявки на участие в тренировке).

**А. В. Рыбак, Д. В. Соболев**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Цель работы: подбор лакокрасочных материалов с помощью датчиков цвета. Работа с красками подразумевает хорошее владение техникой и теоретическими знаниями о разных видах покрытий, их свойствах и характеристиках.

Окрашивание изделий – сложный, многостадийный, трудоемкий и энергоемкий технологический процесс, организация которого требует специальных знаний.

Создание аппаратно-программного комплекса подбора лакокрасочных материалов позволит быстро и эффективно выбрать нужный вариант красок того или иного производителя для решения поставленной задачи. Данная разработка может успешно применяться как для решения задач частных пользователей, так и в различных областях промышленности.

Программная часть комплекса представляет собой базу данных производителей лакокрасочных материалов с возможностью подключения каталогов их продукции, а также удобный и интуитивно понятный интерфейс пользователя, где по показаниям аппаратной части осуществляется выборка, при этом планируется учет таких нюансов, как однородность цвета и эффектные оттенки (металлические, перламутровые частицы и т. п.). Все цвета можно получить путем смешивания основных цветов: красного, синего и желтого.

Аппаратный комплекс в самом простом варианте представляет собой RGB-датчик, показания которого считываются микроконтроллером и в соответствующем виде передаются в качестве входных данных в программную часть. Для увеличения точности определения цвета предусмотрена возможность использования в качестве входных данных показаний промышленных спектрофотометров.

### **Литература**

1 Домасев, М.В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / М.В. Домасев, С.П. Гнатюк. – СПб.: Питер, 2009. – 224 с.

**А. О. Сахарчук**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **О РАЗРАБОТКЕ СЕРВИСОВ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ**

Под кластерным анализом понимается статистическая функция, работающая с многомерными данными, выполняющая их сбор по некоторым параметрам и упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы. Задача кластеризации относится к статистической обработке данных, а также к классу задач обучения без учителя.

Спектр применений кластерного анализа очень широк: его используют в медицине, маркетинге, социологии и других дисциплинах. Существует около 100 разных алгоритмов кластеризации. Наиболее часто используемые – кластеризация методом k-средних (либо его модификацией: с-средних). Прелесть данного метода – он работает даже тогда, когда данных мало и не выполняются требования нормальности распределений случайных величин и другие требования классических методов статистического анализа.

Чтобы определять «похожесть» объектов нужно составить вектор характеристик для каждого объекта (некий набор числовых значений, например: количество подписчиков аккаунта и количество лайков на ресурсе). Затем необходимо провести нормализацию (Все значения приводятся к некоторому диапазону, например,  $[-1, -1]$  или  $[0, 1]$ ). Наконец, для каждой пары объектов измеряется «расстояние» между ними – степень похожести. Существует множество метрик, например: Евклидово расстояние, Манхэттенское расстояние и другие. Реализации алгоритма нечёткой кластеризации (с-средних) состоит из следующих шагов:

- Выбрать начальное нечеткое разбиение  $n$  объектов на  $k$  кластеров путем выбора матрицы принадлежности  $U$  размера  $n \times k$ .
- Используя матрицу  $U$ , найти значение критерия нечеткой ошибки (Примечание: формула нахождения критерия может быть различной, в зависимости от поставленной задачи).
- Перегруппировать объекты с целью уменьшения этого значения критерия нечеткой ошибки.
- Возвращаться в п. 2 до тех пор, пока изменения матрицы  $U$  не станут незначительными.

### Литература

1 Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е издание.: пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс»: Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестова, 2006. – 1104 с.

**И. С. Серапин, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СЕРВИС ОНЛАЙН-ПЕЧАТИ ДОКУМЕНТОВ И ФОТОГРАФИЙ**

Онлайн печать сделает работу проще для владельцев бизнеса, маркетологов, студентов. Чтобы заказать печать документов или фотографий не надо покидать своей работы или дома. Просто сидя на столе или даже на обеденном столе, вы уже можете получить маркетинговую кампанию. Полиграфические услуги в Интернете, это намного проще для владельцев бизнеса и маркетологов, чтобы сделать их работу в области маркетинга проще и удобнее. Теперь люди могут



печатать различные маркетинговые материалы, которые включают в себя брошюры, листовки, открытки, фирменные конверты, открытки, плакаты большого формата, а также других рекламных инструментов, таких как футболки, кружки и других корпоративных подарков. Мало того, что онлайн-печать является экономически эффективным, но и дает людям получить результат, не тратя свое время и дополнительный бюджет в этом процессе.

Для того чтобы создать такой сервис нужно решить задачи:

- Выбор используемых технологий.
- Создание базы данных.
- Создание пользовательского интерфейса основного приложения.
- Реализация логики для основного приложения.
- Проектирование и разработка универсального API для разных платформ с помощью технологии WebAPI.
- Создание десктопного клиента для API с использованием WPF.

Главное преимущество онлайн-печати – экономия времени. Такой сервис уведомит клиента о готовности его заказа удобным для клиента способом, доставит заказ в удобное время. Сделать заказ можно с мобильного устройства откуда угодно. Все что необходимо для заказа – интернет и банковский счет.

С течением времени большинство аспектов нашей жизни переходит в онлайн. Онлайн печать – это альтернатива печати документов в печатных сервисах с огромными очередями в душных помещениях. Печать онлайн не только экономит ваше время, но и сократит траты на канцелярские затраты. Такие сервисы позволяют тратить время, которого так всем нам не хватает, более рационально.

**А. А. Слука, А. Н. Осипенко**  
(ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель)

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КУРСОВ ОБУЧЕНИЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ «КОМПЬЮТЕР С НУЛЯ»**

Технический прогресс стал причиной повышенного интереса к компьютерной технике со стороны старшего поколения. То, что привычно и обыденно для современной молодежи, является незнакомым объектом для пенсионеров. Поэтому появление курсов компьютерной грамотности для пенсионеров стало необходимой вещью, ведь на эту услугу сейчас достаточно большой спрос.

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

Курсы для пожилых людей «Компьютер с нуля» в УО «ГГУ им. Ф. Скорины» существует с 2015 года, и продолжают развиваться. На протяжении этого времени обучение прошли большое количество человек, в связи с этим возникла необходимость автоматизировать контроль проведения курсов. Наиболее актуальное решение – это создать web-приложение.

Созданное web-приложение «Компьютер с нуля» позволяет пожилым людям и волонтерам узнать всю необходимую информацию о курсах, заполнить анкеты для участия в данном проекте и оставить свой отзыв (рисунок 1). Волонтеры, участвующие в курсах, после регистрации, могут фиксировать проведённые занятия и получать необходимую информацию. Полученные данные сохраняются в базу данных MySQL, которая содержит следующие таблицы: анкета обучаемых, анкета волонтера, пользователи, обучаемые, волонтеры, группа обучаемых, группа волонтеров, темы занятий, занятия, консультации и отзывы. Web-приложение написано с помощью HTML, с использованием таблиц стилей CSS и языка сценариев общего назначения с открытым исходным кодом PHP.



Рисунок 1 – Web-приложение «Компьютер с нуля»

**Д. Х. Тай, И. А. Врублевский**  
(БГУИР, Минск)

## **ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ПРОГРАММЕ IMAGEJ**

Изучение пленок нанопористого анодного оксида алюминия вызывает большой интерес благодаря их уникальной саморганизованной пористой структуре и широким функциональным возможностям. В связи с этим получение количественной информации о нанопористой структуре пленок анодного оксида алюминия является актуальной задачей. Использование компьютерной обработки электронно-микро-скопических изображений позволяет проводить количественное описание особенностей геометрической структуры нанопористых пленок на основе данных статистического анализа.

Можно отметить, что информация о строении пористых пленок анодного оксида алюминия, получаемая методами сканирующей электронной микроскопии носит в основном качественный характер. Использование компьютерной обработки микроскопических изображений позволяет проводить количественное описание нанопористой структуры пленок анодного оксида алюминия на основе данных статистического анализа. В программе «ImageJ» имеются все необходимые алгоритмы для обработки изображений: высокочастотного и низкочастотного фильтрования, выделение пределов изображений, арифметических и логических операций, коррекции яркость/контраст. Для обработки и получения характеристик нанопористой структуры пленок использовалась следующая последовательность алгоритмов в программе «ImageJ»:

- 1) фильтрование изображения с целью исключения случайного шума;
- 2) предыдущая сегментация, которая направлена на выделение однородных областей;
- 3) коррекция объекта с целью определения порога яркостей;
- 4) окончательная сегментация с использованием определенного фонового значения, что позволяет полностью определить объекты;
- 5) анализ выделенных объектов с целью определения их параметров.

Проведенное изучение показано, что программа обработки изображений ImageJ является эффективным и очень информативным методом изучения пористых пленок, позволяя определить количественные параметры микроструктуры с наноразмерными порами.

**Я. М. Титуленко, С. Ф. Маслович**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СПРАВОЧНОЙ СЛУЖБЫ**

Разработанное приложение предназначено для получения списка литературы по заданной теме. Также пользователь сможет найти списки литературы в архиве ответов. На заявки пользователей дают ответы работники библиотеки.

Пользовательский интерфейс представляет собой веб-сайт, на главной странице которого расположены ответы на предыдущие заявки пользователей. Заявка представляет собой форму, в которой необходимо указать факультет, на котором пользователь учится или работает, дисциплину и сам текст заявки.

Пользователи могут подавать свои заявки как зарегистрировавшись и войдя на веб-сайт под своими учетными данными, так и подать заявку, как «гость». Войдя на веб-сайт под своими учетными данными, пользователи имеют возможность просматривать, редактировать, а также удалять поданные ими заявки в личном кабинете. Также зарегистрированные пользователи имеют возможность получать ответы на электронную почту, указанную при регистрации, и имеют возможность не публиковать их заявку на главной странице веб-сайта.

Работники библиотеки видят все поданные пользователями заявки и отвечают на них. Также они имеют возможность изменять и удалять заявки и ответы на них как до, так и после их публикации на главной странице.

Также ведется статистика, которая отображает количество заявок, отправленных за все время, количество заявок, которые ожидают ответы работников библиотеки, количество заявок, поданных в конкретный день.

Работники библиотеки могут просматривать информацию о пользователях, узнавать статистику поданных заявок по пользователям и факультетам.

Поиск по заявкам, на которые уже дали ответ, может осуществляться как по выбору факультета, так и по ключевым словам.

При разработке комплекса использовалась среда разработки: JetBrains WebStorm, JetBrains PhpStorm. Пользовательский интерфейс был разработан с помощью языков HTML, CSS, JavaScript. Серверная часть была разработана на PHP фреймворке Yii2, с использованием базы данных MySQL.

**А. С. Тозик, Д. С. Чухольский, Ю. Е. Лившиц**  
(БНТУ, Минск)

## **СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

С развитием технологии 3D печати актуальность приобретает задача построения модели реально существующего изделия. Данная технология способна найти широкое применение на производстве. Одним из таких применений является восстановление деталей. Отработанное изделие можно поместить на стенд восстановления (рисунок 1), где робот построит 3D модель. Сравнив модель изделия с эталонной моделью появится возможность определить дефекты, появившиеся во время эксплуатации, а затем, при помощи технологии 3D печати, восстановить поврежденные участки изделия.

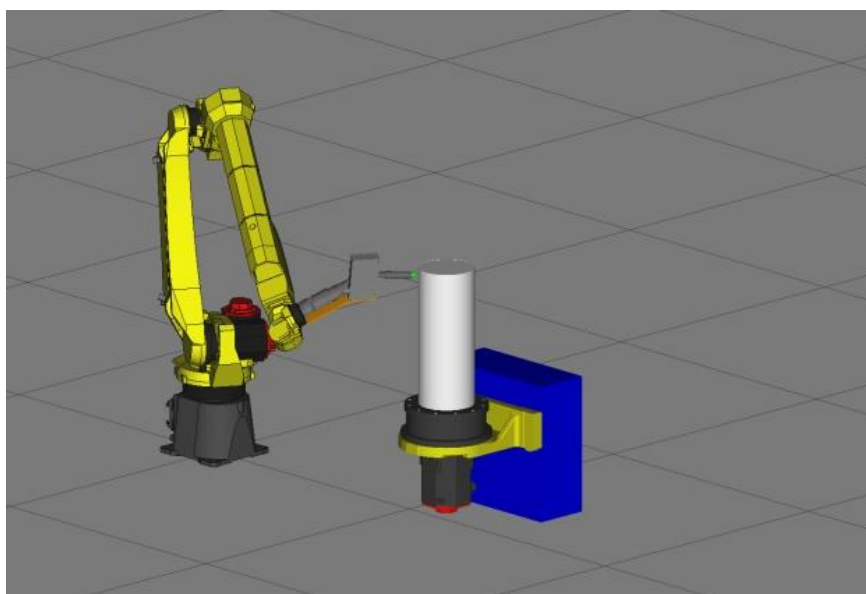


Рисунок 1 – Модель стенда восстановления

Построение модели происходит следующим образом: при помощи нашей разработки, программного пакета WeldEye, можно получить данные от лазерного сканера в виде кривой, а также координату центра кривой относительно системы координат сканера.

Сопоставив координату центра кривой с координатой робота мы можем построить кривую в пространстве. Для этого используется программа Компас 3D. Сформировав массив кривых, мы используем функцию Компас 3D под названием «поверхность по сети кривых» для построения поверхности изделия.

**Д. В. Флерко, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА РЕЙТИНГА ЗАВЕДЕНИЙ ГОРОДА ГОМЕЛЯ**

Целью данного проекта является разработка интернет-портала рейтинга заведений общественного питания города Гомеля. Данный интернет-портал очень полезен как для гостей города, так и для его жителей.

В проекте рассматривается предметная область рейтингов заведений общественного питания города Гомеля, для которой необходимо создать веб-сайт для обработки поступающей информации и вывода результата на экран посредством сети Интернет. Согласно данным на декабрь 2016 года в Гомеле находится 201 заведение общественного питания.

Чтобы пользователь мог успешно ориентироваться на сайте в верхней части расположено навигационное меню. Система навигации на сайте – это набор гиперссылок, созданный для переходов по разделам сайта для поиска конкретной информации.

Страницы сайта создаются специальной компьютерной программой на сервере. Она обеспечивает возможность гибкой настройки структурирования и вывода информации на веб-сайте. Её цель состоит в публикации содержимого, управлении содержимым и предоставлении информации в виде, удобном для навигации и поиска.

Интерфейс обеспечивает возможность пользователю оптимальное по скорости выполнение требуемых от него функций, мгновенную обратную реакцию на действия пользователя. Все типовые способы взаимодействия с пользователем (сообщение об ошибке, информация о неверно заполненной форме и т. д.) происходят единообразно во всех модулях, работающих в составе сайта.

Таким образом, данный проект путем создания единого информационного и коммуникационного пространства обеспечивает максимальный доступ пользователей к информации развлекательного, методического и организационного характера.

### **Литература**

1 Фримен, Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS = Head First HTML with CSS & XHTML / Э. Фримен. – П. : Питер, 2010. – 656 с.

**А. А. Хайнак, О. Г. Бакунова**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Интернет вещей (англ. *Internet of Things, IoT*) – концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключая из части действий и операций необходимость участия человека.

Концепция сформулирована как осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Наполнение концепции «интернета вещей» многообразным технологическим содержанием и внедрение практических решений для её реализации начиная с 2010-х годов считается устойчивой тенденцией в информационных технологиях, прежде всего, благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений.

Особую роль в интернете вещей играют средства измерения, обеспечивающие преобразование сведений о внешней среде в машиночитаемые данные, и тем самым наполняющие вычислительную среду значимой информацией. Используется широкий класс средств измерения, от элементарных датчиков (например, температуры, давления, освещённости), приборов учёта потребления (таких, как интеллектуальные счётчики) до сложных интегрированных измерительных систем. В рамках концепции «интернета вещей» принципиально объединение средств измерения в сети, за счёт чего возможно построение систем межмашинного взаимодействия.

Разработанный комплекс состоящий из измерительного модуля PZEM-004T и микроконтроллера ESP-8266 выполняющий роль моста асинхронного интерфейса (UART) в беспроводную сеть. Данные агрегируются на одноплатном компьютере Intel Edison, который может обслуживать до нескольких десятков измерительных модулей. Разработанный прикладной интерфейс обеспечивает взаимодействие модуля либо сети модулей с мобильными или веб-приложениями и также позволяет интегрировать с прочими сетями устройств.

**А. С. Хомяков, А. В. Паньков**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АЛГОРИТМА КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СЕРВИСОВ

Рассматривается задача построения рекомендаций для пользователей с помощью алгоритма коллаборативной фильтрации. Пусть в системе есть пользователи  $A$  и объекты  $I$ . Пусть некоторые пользователи оценили некоторые объекты, оценка – это натуральное число от 1 до 5. Зафиксируем некоторого случайного пользователя  $a$ . Задача заключается в предсказании оценки, которую пользователь  $a$  поставил бы объекту  $i$ . Будем рассматривать только пользователя  $a$  и тех пользователей, которые оценили объект  $i$ . Алгоритм включает в себя 3 шага. **Первый шаг.** Для каждого пользователя  $u$  вычислим, насколько его интересы совпадают с интересами пользователя  $a$ . Каждому пользователю в матрице  $R(A \times I)$  соответствует одна строка. Поэтому будем вычислять близость векторов строк пользователей. Используем косинусную меру схожести:

$$sim(u, a) = \frac{\sum_{z=1}^m r_{a_i} r_{u_i}}{\sqrt{\sum_{z=1}^m r_{a_i}^2} \sqrt{\sum_{z=1}^m r_{u_i}^2}},$$

где  $sim(u, a)$  – мера близости (похожести) пользователей  $a$  и  $u$ ,  $r_{u,i}$  – элемент матрицы  $R$ ,  $u$  – строка,  $i$  – столбец. **Второй шаг.** Выбор подмножества  $K$  множества пользователей  $A$ , наиболее похожих на пользователя  $a$ . Выбираем первые  $k$  элементов множества элементов  $A$ , упорядоченного по убыванию меры близости, где  $k$  – некоторая целая константа. **Третий шаг.** Имея множество  $K$  близких пользователей, нужно вычислить оценку, которую поставил бы пользователь  $a$  объекту  $i$ . Предсказываемая оценка пользователя  $a$  объекта  $i$  находится как ближайшее целое от  $p_{a,i}$ ,

$$p_{a,i} = \frac{\sum_{u \in K} X sim(u, a)}{\sum_{u \in K} sim(u, a)}$$

Суть оценки – средняя схожесть по всем пользователям из множества  $K$ . Для того, чтобы сделать рекомендации для пользователя, достаточно предсказать оценки для всех не оцененных объектов и выбрать объекты с наибольшей предсказанной оценкой.



Информация, полученная в ходе построения рекомендаций, позволяет прогнозировать значения оценок и осуществлять автоматический выбор объектов, которые могут заинтересовать пользователя.

**А. М. Шаменок, И. А. Мурашко**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **МЕТОДИКА ЗАЩИТЫ ИСХОДНЫХ КОДОВ ПРОГРАММ ОТ РЕИНЖИНИРИНГА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ОБФУСКАЦИИ**

Разработка наиболее эффективного метода защиты для программного продукта, в нынешнее время, становится одной из важнейших задач. В большинстве случаев для обхода защиты, взломщику требуется изучить принцип работы ее кода, и этот процесс изучения называется процессом реверсивной (обратной) инженерии.

Обфускация – это один из методов защиты программного кода, который позволяет усложнить процесс реверсивной инженерии кода защищаемого программного продукта. Суть процесса обфускации заключается в том, чтобы запутать программный код и устранить большинство логических связей в нем, чтобы он был очень труден для изучения и модификации посторонними лицами.

Существует четыре вида обфускации: лексическая, обфускация данных, обфускация управления и превентивная обфускация.

Наиболее надежной является обфускация управления, она осуществляет запутывание последовательности выполнения программного кода. Она основывается на использовании непрозрачных предикат, в качестве, которых выступают, последовательности операций, результат работы которых сложно определить.

Обфускация соответствует принципу экономической целесообразности, так как ее использование не сильно увеличивает стоимость программного продукта, и позволяет при этом снизить потери от пиратства, и уменьшить возможность плагиата в результате кражи уникального алгоритма работы защищаемого программного продукта. На сегодняшний день данный вид защиты исходного кода программ является наиболее актуальным и востребованным.

### **Литература**

1 Wang, C. Protection of Software-based Survivability Mechanisms. Department of Computer Science [Электронный ресурс]. – 2016. –

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

Режим доступа: [http://www.cs.virginia.edu/dsn\\_distribute.pdf](http://www.cs.virginia.edu/dsn_distribute.pdf) – Дата доступа: 19.01.2017.

2 Walle, E. Methodology and Applications of Program Code Obfuscation [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://walle.dyndns.org/morass/misc/wt3b.doc>. – Дата доступа: 20.01.2017.

**П. А. Шипило, В. Г. Родченко**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ЧИСЕЛ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Распознавание объектов на изображениях является одним из трендов практического применения искусственных нейронных сетей. И если в настоящее время задача распознавания отдельных символов решается успешно, то проблема распознавание чисел, состоящих из нескольких цифр, по-прежнему остается открытой.

Целью данной работы является разработка программного приложения, которое будет распознавать номер дома на изображении, причем цифры в числе могут иметь различное направление (вертикальное, горизонтальное или диагональное).

Для построения решения были использованы алгоритмы сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks). Этот тип сетей широко используется в области распознавания и классификации объектов на изображениях. Для построения обучающей, тестирующей и валидирующей выборок использовались 600 000 фотографий номеров домов, подготовленных в Стэнфордском университете.

Вычисление оценки точности распознавания чисел сетью проводилась по формуле:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{\text{Количество верно распознанных цифр в } X_i}{\text{Общее количество цифр в } X_i}}{n}$$

где  $n$  – количество изображений в выборке  $X_i$ .

Проведенные численные эксперименты продемонстрировали, что сконфигурированная и натренированная нейронная сеть смогла правильно распознать номера домов с точностью 94,3 %, что, безусловно, является хорошим результатом, принимая во внимание скорость, с которой выполнялось распознавание чисел.

**О. С. Янушевская, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИГРЫ «СТО К ОДНОМУ»**

Игровые приложения занимают прочное место в современной компьютерной индустрии.

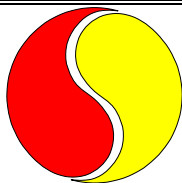
Разработанный проект – это приложение для проведения игры «Сто к одному». Следует отметить, что основными преимуществами данного приложения являются: возможность отвечать на самые разные вопросы, получать сразу же количество очков за ответ и сохранять набранные очки в течении игры. Также в игре отслеживаются промахи, правильное присвоение баллов нужной команде и время на ответы в четвертом туре. Приложение обеспечивает возможность начать новую игру.

Разработанное приложение можно условно разделить на четыре части – это соответственно четыре тура игры «Сто к одному». Важную роль в игре выполняет табло, на котором отображаются шесть самых популярных вариантов ответов на вопросы (изначально скрытых) и шесть индикаторов промаха (по три на команду). В большой игре табло содержит пять строк, содержащих по две названных игроками версии и количество людей, ответивших так же. Для обозначения промаха в приложении достаточно нажать кнопку одним кликом мыши; красная кнопка свидетельствует о том, что у команды один, два или три промаха.

В качестве языка программирования был взят язык программирования C++. В качестве инструмента разработки была выбрана библиотека Qt и среда разработки Qt Creator (Qt Designer). Загрузка вопросов осуществляется через текстовый файл. В текущем проекте реализованы некоторые функции для упрощения проведения игры. Например: таймер, простое присвоение очков командам, промахи и автоматическое определение победителя игры.

### **Литература**

- 1 Шлее, М. Qt 4.5. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 896 с.
- 2 Страуструп, Б. Язык программирования C++ / Б. Страуструп. – М. Бином, 2007. – 1104 с.



**СОВРЕМЕННЫЕ СЕТЕВЫЕ И  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
*Информационные технологии  
в обучении*

**А. Н. Бегель, В. И. Гладковский, А. И. Пинчук**  
(БрГТУ, Брест)

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОДЕЛЬНЫХ  
РЕШЕНИЙ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА**

В качестве исходной математической модели необходимо записать систему дифференциальных уравнений конвективного теплообмена, состоящую из уравнений пограничного слоя и уравнения теплоотдачи в условиях двухмерного стационарного потока при отсутствии внутренних тепловыделений и диссипации энергии, а также при постоянстве всех физических свойств жидкости (воздуха).

Для нахождения точных решений дифференциальных уравнений математической физики в частных производных разработан ряд методов, основанных на переходе к новым переменным в результате масштабирования. При этом стремятся уменьшить число новых переменных по сравнению с числом исходных, например, за счет использования особенностей симметрии задачи. В некоторых случаях целесообразно выделять так называемые регулярные тепловые режимы – нестационарные процессы теплопроводности такие, что поле безразмерной температуры остается подобным самому себе с течением времени. В этом случае будем считать тепловое явление автомодельным, то есть распределение его характеристик в разные моменты времени могут быть получены одно из другого с помощью соответствующего преобразования подобия. Такое преобразование чаще всего ищут с помощью анализа размерности физических величин, входящих в уравнение и соответствующего масштабирования.

Цель работы заключалась в разработке программы для вычисления физических характеристик при естественной конвекции воздуха, используя данные, которые были получены в ходе экспериментального исследования теплопередачи. Для начала были определены несколько требований, которым должна соответствовать программа: 1) Уметь рассчитывать физические характеристики, используя входные данные. 2) Иметь графический пользовательский интерфейс, интуитивно понятный для

большинства пользователей. 3) Отображать используемые формулы и ход вычислений. Кроме того, была предусмотрена возможность отображения анимации процесса нагревания тела, на основе чего пользователь может сделать вывод об относительном вкладе тепловых потерь за счет естественной конвекции и теплового излучения.

**М. С. Березовский, П. В. Бычков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ПРОДАЖЕ ТЕЛЕФОНОВ**

Сегодня информатизация коснулась всех сторон жизни и способствовала возникновению и развитию интернет торговли. В нынешнее время многие люди пользуются интернетом в повседневной жизни. И если вы занимаетесь бизнесом, связанным с торговлей, можно использовать сеть для того, чтобы получить некоторые преимущества перед конкурентами, которые торгуют в реальном мире.

Предлагаемая работа посвящена разработке web-приложения интернет магазина по продаже мобильных телефонов.

Проект написан на платформе asp.net с использованием языка C#. Для доступа к данным использован Entity Framework. Визуальное приложение создано с помощью IDE от Microsoft – Visual Studio.

Web-приложение состоит из 3 проектов:

- проект web-интерфейса;
- библиотеки классов;
- проект содержащий модульные тесты.

При запуске web-приложения попадаем на страницу товаров в интернет магазине. В правой части содержится каталог товаров. Тут же для каждого телефона указаны его характеристики и его цена, а так же реализована возможность добавления телефона в корзину покупок. Выбирая нужную операционную систему мобильного телефона, будет осуществляться поиск товаров по выбранному признаку. В корзине покупок предусмотрена возможность удаления товара из нее. Для оформления заказа необходимо нажать на кнопку «Оформить заказ», после чего будет осуществлен переход на страницу для заполнения информации. После введения имени пользователя и пароля, переходим на страницу с каталогом товаров. Здесь можем удалить телефон из каталога товаров, добавить новый или отредактировать уже существующий.

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

В процессе разработки было разработано веб-приложение «Интернет-магазин» на языке программирования C#, которое располагает каталогом товаров в электронном виде, возможностью управлять списком товаров и корзиной для покупок, которые можно совершать независимо от времени суток.

**А. Н. Бородич, А. В. Клименко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ИНТЕРАКТИВНЫЙ СБОРНИК ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ ПО МАТЕМАТИКЕ «КЕНГУРУ-2016, KANGOORO CANADA»**

Большинство олимпиад, конкурсов («Кенгуру» и другие), которые проходят в Беларуси на различных этапах (район, город, область, республика) не доступны в интернете. То есть, обычный ученик не имеет возможности в любое время проверить свои знания по определенным предметам или лучше подготовиться к поступлению в университет. Поэтому возникла необходимость разработки интерактивного задачника по математике на примере национальных олимпиад «Кенгуру-2016, Kangooro Canada» для учеников. Разработанный интерактивный задачник внедрен в систему дистанционного обучения Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины.

Данная разработка позволит проводить оперативный автоматический контроль уровня подготовки, как в индивидуальном порядке, так и во фронтальном режиме для учеников целого класса. Интерактивный задачник строится на основе разработанной формы шаблона, который позволит автоматизировать и ускорить процесс заполнения задачника олимпиадными заданиями.

При разработке интерактивного сборника изучены, проанализированы все виды олимпиадных заданий, рассмотрено более 400 олимпиадных задач, которые были в «Кенгуру-2016, Kangooro Canada» за последние годы. Задачник отличается удобным интуитивно понятным интерфейсом.

Разработанные формы шаблонов являются универсальными и могут быть использованы и для других видов олимпиадных заданий, отличных от «Кенгуру-2016, Kangooro Canada», которые позволят без особых знаний программирования создавать и загружать различные виды олимпиадных заданий на сайт дистанционного обучения.

Кроме того, интерактивный сборник может случить основой для обучения и проверки знаний школьников по решению олимпиадных задач. Любой учитель математики сможет разработать блок олимпиадных заданий, установить его на сайт, и тем самым проверить уровень подготовки своего класса по математике.

Интерактивный сборник нацелен на повышение уровня подготовки учеников по математике.

**Я. В. Бышик, М. С. Долинский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **НОВАЯ ПОДСИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ DL.GSU.BY**

Система дистанционного обучения является системой, которая организывает учебный процесс, при котором преподаватель разрабатывает учебную программу, главным образом базирующуюся на самостоятельном обучении студента.

На текущий момент интерфейс приложения предоставляет только линейную стратегию обучения. Линейная стратегия предоставляет пользователю список задач, разделенный на подтемы, доступ к задачам в пределах подтемы предоставляется по мере выполнения, начиная от самой простой и заканчивая самой сложной.

Для большинства пользователей подходит линейная стратегия обучения, но бывают случаи, когда пользователь уже имеет опыт решения задач выбранного курса, и ему не подходит данная стратегия. Решением данной проблемы является разработка новой подсистемы для существующего приложения, которая должна содержать в себе дополнительные стратегии обучения.

Первая стратегия – «ускоренная». Пользователю предоставляется четыре группы задач: «техминимум», «контроль», «контроль\*», «обучение». В группе «техминимум» пользователь обучается, а при возникновении трудностей с решением задачи может воспользоваться кнопкой «не знаю», при нажатии на которую, пользователь автоматически переходит в «обучение». В обучении также доступна кнопка «не знаю», которая предоставляет обучающий материал для решения конкретной задачи. По завершению обучения пользователь возвращается к задаче, на которой он остановился в техминимуме. Чтобы завершить курс необходимо пройти «контроль», который содержит задачи из всех пройденных тем.

Вторая стратегия – «диагностика». Пользователю предоставляется список задач из разных подтем курса в порядке возрастания их сложности. Существует возможность пропускать задачи и позднее возвращаться к ним. Также редактор курса может ограничить время прохождения

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

### **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА»**

Математическая экономика занимается изучением основных принципов построения математических моделей экономических систем и специфических с математической точки зрения методов их исследования.

Математическая экономика – теоретическая и прикладная наука, предметом которой являются математические модели экономических объектов и процессов и методы их исследования.

Новым направлением в современной экономической науке является реализация так называемого экономического эксперимента, суть которого заключается в математическом моделировании экономических ситуаций с учётом психологического фактора (ожиданий участников рынка). В последние десятилетия происходит интенсивное внедрение математических методов в экономическую науку. Большое количество полученных при этом результатов и их внутреннее единство позволяет говорить о создании новой области прикладной математики – математической экономики.

В математической экономике рассматриваются две основных теории: потребления и производства. В ней решаются такие задачи как построение функций полезности, изображение множества безразличия, нахождение нормы замещения товаров, решение задач оптимального потребления и производства, изображение кривых Энгеля, составление функций спроса и построение графиков зависимости спроса на ингредиенты от бюджета при известных матрице затрат, векторе цен на выпуск продукции и ингредиенты, что способствует формированию экономической «картины» той или иной фирмы.

Разработка комплекса автоматизации позволяет не только осуществлять контроль выполнения лабораторных работ по курсу «Математическая



экономика», но и контролировать доходы и расходы любой фирмы, имеющей подходящие входные данные, за счёт программного решения задач, построения необходимых графиков и таблиц, а также вычисления и составления функций.

Для визуализации построена графическая имитационная модель в Delphi 7.0, предназначенная для отображения всех необходимых функций и значений, а также использования точечного и кусочно-линейного метода построения графиков.

**Е. А. Власенко, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ШИФРОВАНИЮ И ДЕШИФРОВАНИЮ ДАННЫХ**

На протяжении всей своей истории человек испытывал потребность в шифровке той или иной информации. С помощью шифрования обеспечиваются три состояния безопасности информации: конфиденциальность, целостность, идентифицируемость. Шифрование – это преобразование информации, делающее ее нечитаемой для посторонних. Шифром называется пара алгоритмов, реализующих каждое из указанных преобразований. Эти алгоритмы применяются к данным с использованием ключа. Ключи для шифрования и для дешифрования могут различаться, а могут быть одинаковыми. Секретность второго из них делает данные недоступными для несанкционированного ознакомления, а секретность первого делает невозможным внесение ложных данных. Сохранение этих ключей в секретности и правильное их разделение между адресатами является очень важной задачей с точки зрения сохранения конфиденциальности передаваемой информации. При этом только доверенные лица могут провести дешифрование и прочесть исходную информацию.

Разработанное визуальное приложение имеет вид формы, на которой расположен ряд визуальных компонентов, необходимых для работы с ним. На форме расположены различные компоненты: для поля *Метод* (одно из них имеет белый фон, а второе – чёрный. Это зависит от текущего режима. Белый цвет поля означает, что в данное поле можно ввести текст для шифрования или дешифрования), один *Combobox* (нужен, чтобы выбрать предлагаемый метод из выдаваемого пользователю

списка), один *Button* (чтобы запустить процесс шифрования или дешифрования), *MainMenu* (позволяет сменить режим шифрования на дешифрования и наоборот, можно удалить весь текст из Мемо по желанию пользователя, даёт возможность сохранить шифруемый и зашифрованный текст в текстовый файл и наоборот – записать в выбранное поле *Мемо* текст из текстового файла, есть также пункт для выхода из приложения) и *ProgressiveBar* с *Label*, которые нужны для показания текущего состояния шифрования.

Созданное приложение позволяет шифровать и дешифровать информацию с помощью различных алгоритмов, сохранять в файл шифруемый и зашифрованный текст, читать из файла текст для шифрования и дешифровки.

**Д. А. Волков, Д. С. Кузьменков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ПРОВЕРКИ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ**

Информационные технологии очень прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Система обучения не стала исключением. Большинство, из существующих на сегодняшний день, систем проверки знаний учащихся полагаются в большей степени на человеческий фактор – получение решений, проверка, выставление оценок. Человек не всегда способен рассмотреть большинство сценариев работы программы, и поэтому была разработана система, которая полностью исключает человека из системы тестирования знаний учащихся. Созданная система генерирует задание, принимает варианты решения на различных языках программирования в определенной форме, сохраняет их на сервере, проверяет решение и выставляет оценку.

В разработанном приложении использован алгоритм и/или деревьев, благодаря которому почти все задачи являются уникальными, и у обучаемых нет возможности прорешать всю базу заданий и собрать все ответы/решения. Только в этой части программы участвует человек – он генерирует само дерево по заранее заданным параметрам, вводит переменные и алгоритм решения. Далее система сама генерирует текст задачи для каждого обучаемого, сохраняет для него исходные данные и тестовые входные и выходные данные.

Следует отметить также систему хранения отправленных решений, ведь не по всем дисциплинам можно полностью исключить преподавателя для проверки. Например, в delphi в заданиях связанных с графической частью, только человек может проверить качество выполненных работ. Поэтому при поступлении подобных задач на проверку, система не будет пытаться сама проверить решение, а положит его в базу данных и уведомит преподавателя о наличии нового решения по его предмету.

Также была реализована базовая система рейтинга задач. Каждому заданию при создании присваивается начальный рейтинг. В зависимости от того, как часто и успешно данная задача решается, сколько допускается ошибок в решении и ряда других факторов, рейтинг задания может быть, как повышен, так и понижен, таким образом формируются все уровни сложности заданий.

Одна из целей разработки системы хранения и проверки знаний по программированию – снизить нагрузку на преподавателя, чтобы он мог больше заниматься консультированием обучаемых, а не постоянной монотонной проверкой одних и тех же заданий.

**С. С. Горбачёв, М. В. Кулагина**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ВЕБ-САЙТА «АНИМАЦИЯ С MACROMEDIA FLASH»**

Сегодняшние технологии позволяют реализовывать обучение работы с какой-либо программой в любом уголке мира. Для этого достаточно лишь иметь компьютер или ноутбук с входом в Интернет, где присутствует огромное количество обучающих сайтов.

Данная работа посвящена созданию сайта для обучения работы с программой Macromedia Flash или просто Flash.

На любой странице сайта, в том числе, и на главной (рисунок 1), присутствуют следующие возможности: выбора темы теоретического материала (информационная веб-страница); выбора темы практического материала (веб-страница с заданиями и примерами их выполнения); переход на главную страницу; открытие страницы для обратной связи с сайтом; открытие страницы для просмотра и редактирования информации текущей учетной записи и выхода из неё; открытие страницы для входа на сайт, либо регистрации нового пользователя. Также, на главной странице организован поиск по сайту на отдельной панели.

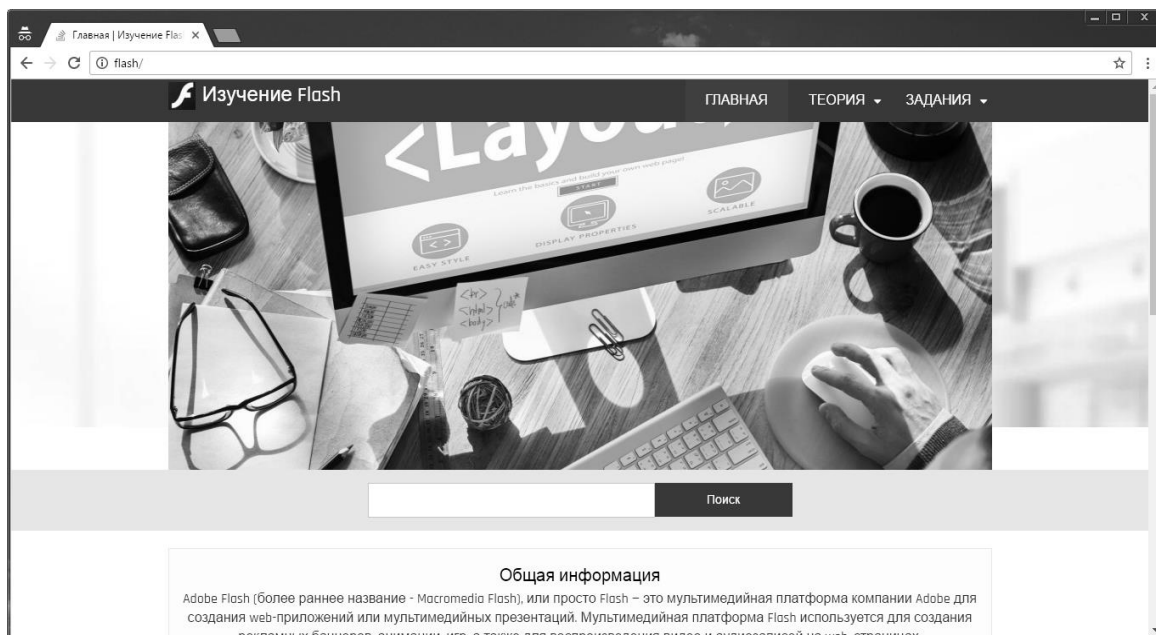


Рисунок 1 – Главная страница

Благодаря обучающим сайтам делается упор на самостоятельное овладение материалом учащимися, что, в свою очередь, способствует их саморазвитию и самосовершенствованию.

**А. В. Капура, Т. А. Ковалевич, Т. Л. Кушнер**  
(БрГТУ, Брест)

## **СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ В ФИЗИЧЕСКОМ ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ**

В физическом лабораторном практикуме по механике студенты технических специальностей учреждения образования «Брестский государственный технический университет» выполняют лабораторную работу «Изучение упругого удара шаров». На уровне общего среднего образования при рассмотрении ударов шаров уделяется внимание только двум предельным случаям – абсолютно упругому и абсолютно неупругому удару. Однако, реальный удар редко является абсолютно неупругим и никогда не является абсолютно упругим.

На уровне высшего образования в рамках лабораторного практикума студенты, выполняя упомянутую работу, изучают зависимость времени взаимодействия и силы соударения шаров от скорости первого шара,

который соударяется с покоящимся вторым. Эксперимент проводится на установке, состоящей из двух шаров, подвешенных на проводах-нитях. Первый шар отклоняют на определенный угол и отпускают (с помощью электромагнита). Все измерения необходимо сделать для 8–10 различных углов отклонения первого шара, проводя каждое измерение 3–5 раз.

Для обработки результатов эксперимента студенты написали программы расчетов основных параметров: скорости первого шара до удара, скоростей первого и второго шаров после удара, погрешностей измерения времени соударения, длины нитей, скоростей шаров до и после удара. Две альтернативные программы имеют различный принцип вывода полученных результатов. Первая, разработанная в среде Adobe Flash CS6 на языке Action Script 3.0., дает возможность студентам сначала посмотреть на экране компьютерную демонстрацию опыта, затем ввести все данные эксперимента в соответствующие колонки таблицы и также в табличном виде получить результаты расчетов. Вторая программа (среда разработки – Visual Studio 2015 Community, язык – C#4.0.) позволяет получать результаты расчетов отдельных проведенных измерений. Описанные программы дают возможность освободить студентов от рутинных однообразных расчетов, а более пристальное внимание уделить анализу физических зависимостей, построению графиков. Итоговым параметром, который студенты рассчитывают самостоятельно является коэффициент восстановления скорости. Данный параметр показывает, насколько удар шаров близок к абсолютно упругому.

**Д. Д. Карнеева, В. В. Бугаенко, И. А. Миронов**  
(БГТУ, Минск)

## **СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ КНИГ И УЧЕБНИКОВ В IBOOKS AUTHOR**

Электронная книга приходит на смену бумажной. Новые технологии дают новые возможности. Электронная книга может и должна включать в себя всё многообразие современных средств мультимедиа. Таких, чтобы читатель мог в процессе чтения просмотреть видеосюжет о прочитанном, прослушать аудиофрагмент, не только посмотреть статичное изображение, но и поработать с трехмерной моделью, посмотреть комментарии к тексту и изображениям, пройти тест сразу после прочтения.

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

---

Ещё недавно создание таких книг требовало глубоких знаний в области программирования. Программа iBooks Author решает все эти задачи, требуя от автора книги минимальных общекомпьютерных знаний, iBooks Author помогает автору не только создать книгу, но и самостоятельно опубликовать её в Интернете.

iBooks Author – это программа, предназначенная для создания электронных интерактивных книг для iPad и Mac. Программа позволяет создавать книги, содержащие помимо текста, таблицы, рисунки, диаграммы, а также виджеты для добавления фильмов, контрольных вопросов, фотогалерей и других интерактивных мультимедийных элементов.

Программа позволяет добавить в документ ряд MultiTouch-виджетов, реализующих интерактивное взаимодействие с читателем будущей книги. Пользователь может использовать как 6 имеющихся вариантов (галерея, медиабраузер, упражнение, интерактивное упражнение, 3D-объект, презентация Keypote), так и любой другой виджет, реализуемый с помощью HTML5 и JavaScript. Книга создается на основе встроенных шаблонов iBooks Author. Шаблоны для книг можно создавать и самостоятельно.

Созданную книгу можно сохранить как файл формата \*.iba для дальнейшей работы и редактирования. Законченную книгу можно экспортировать в формат \*.ibooks для чтения iPad. При желании можно экспортировать книгу в формат \*.pdf или \*.txt. Книгу можно сохранить как пакет \*.itmsp и опубликовать в iBookstore.

В процессе создания книги в iBooks Author для просмотра всех её возможностей и эффектов требуется iPad с установленной программой iBooks 3. Программа работает под управлением операционной системы Mac OS X 10.7.4 или более поздней версии.

**В. В. Колотюк**

(БрГУ им. А. С. Пушкина, Брест)

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ**

Наш век – это век компьютерных технологий, новой гибкой изменяющейся системы образования. Современный этап развития общества характеризуется стремительным возрастанием объёма научной информации и высокоинтеллектуальными технологиями общественного производства.

Основные задачи использования информационных технологий при обучении математике в школе состоит в том, чтобы помочь учащимся

осознать целостную картину изучаемого материала и облегчить его усвоение; индивидуализировать обучение; совершенствовать контроль и самоконтроль; повысить результативность учебного процесса.

Информационные технологии, наиболее часто применяемые в учебном процессе, можно разделить на две группы:

1) сетевые технологии, использующие локальные сети и глобальную сеть Internet (электронные варианты методических рекомендаций, пособий, серверы дистанционного обучения, обеспечивающие интерактивную связь с учащимися через Internet, в том числе в режиме реального времени);

2) технологии, ориентированные на локальные компьютеры (обучающие программы, компьютерные модели реальных процессов, демонстрационные программы, электронные задачки, контролирующие программы, дидактические материалы).

Применение информационных технологий в преподавании математики способствует поддержанию мотивации учащихся при обучении предмету; развитию математического мышления; незамедлительной обратной связи в учебном процессе; формированию умений принимать оптимальное решение или находить варианты решения в сложной ситуации; развитию умений осуществлять экспериментальную деятельность; развитию пространственного воображения и пространственных представлений путем использования в учебном процессе математических информационных систем математических пакетов, учебно-методических комплексов по математике.

Урок с применением современных педагогических и информационных технологий – это качественно новый тип урока, на котором преподаватель согласовывает методику изучения нового материала с методикой применения компьютерных технологий, соблюдая преемственность по отношению к традиционным педагогическим технологиям.

**Т. В. Коновалова, Л. И. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С СЕРВЕРАМИ БАЗ ДАННЫХ DB2**

Одной из широко распространенных систем управления базами данных (СУБД) является DB2, изучение которой предусмотрено планами специализации для студентов, изучающих информационные

технологии. К достоинствам использования DB2 в учебном процессе относится наличие хорошей бесплатной версии, не имеющей ограничений по функциональности, и позволяющей одновременно обслуживать десятки пользователей. В тоже время существенным недостатком этой СУБД является необходимость наличия у пользователей прав администратора на клиентских компьютерах, что недопустимо при работе в компьютерных классах учебных учреждений. Существующие сторонние средства, позволяющие дистанционно подключаться к DB2 серверу, являются платными или же не ориентированы на работу конкретно с DB2, что вызывает сложности в работе с ними, в частности, при диагностике ошибок.

Разработанное приложение DB2Service создано специально, чтобы обеспечить студентам удаленный доступ к DB2 серверу и последующей работы с ним. Разработка велась на языке C++, в процессе реализации проекта были подробно изучены компоненты доступа к базам данных, вопросы инициализации и функционирования DB2 сервера, а так же возможности подключения к нему.

Основной функциональностью, предоставляемой приложением клиентам является:

- представление содержимого баз данных в виде дерева объектов;
- диалоги создания таблиц базы данных, изменения структуры и удаления таблиц;
- диалог описания внешних ключей, определения ограничений уникальности (UNIQUE) и проверочных ограничений (CHECK);
- диалоги создания и удаление представлений (VIEW);
- возможность чтения, выполнения и сохранения исполняемых скриптов на структурированном языке запросов SQL;
- создание и удаление хранимых процедур и функций.

Таким образом, разработанное клиентское приложение DB2Service обладает полноценным внешним пользовательским интерфейсом для работы с серверами баз данных DB2 и может быть использовано как в учебном процессе, так и при разработке приложений баз данных на основе СУБД DB2.



**И. А. Король, В. А. Короткевич**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДИПЛОМНЫМИ И КУРСОВЫМИ ПРОЕКТАМИ**

Целью разработки являлось создание веб-приложения для управления выполнением курсовыми и дипломными проектами. Пользователями приложения являются преподаватели, являющиеся руководителями проектов, и студенты, специализирующиеся на кафедре.

В приложении реализованы функции администратора приложения, в том числе: регистрация преподавателей кафедры; ввод перечня курсовых и дипломных работ, предусмотренных рабочими планами специальностей обучения с указанием количества работ для каждого преподавателя; регистрация учебных групп и студентов – возможных пользователей приложения.

Для преподавателей реализован следующий функционал:

- размещение заданий на выполнение курсовых и дипломных проектов с указанием тем проектов, краткого описания работы, предполагаемых средств выполнения разработки;
- подтверждение и отклонение заявок конкретных студентов на выполнение работ;
- установка сроков выполнения этапов курсовых, дипломных проектирования и отметка успешности выполнения этапов;
- ввод расписания консультаций студентов и отметок о посещении консультаций;
- выставление предварительных оценок по работам.

Студентам предоставляются следующие возможности:

- просмотр списка доступных тем проектов и подача предложения собственных тем и инструментальных средств разработки;
- подача заявки на выбранную тему проекта;
- уведомление научного руководителя о ходе выполнения отдельных этапов проектирования;
- просмотр графиков консультаций и предварительных оценок по проекту.

При создании приложения использовался скриптовый язык PHP, реляционная система управления базами данных MS SQL Server, а также использован шаблон проектирования MVC(Model-View-Controller), который предоставляет простой способ построения структуры

приложения, предусматривающий отделение бизнес-логики от пользовательского интерфейса. В результате, приложение легче масштабируется, тестируется, сопровождается и реализуется.

**Ю. М. Кравченко, М. А. Писпанен**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЛИМПИАДЫ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ**

В наши дни любая организация просто не может представить свою работу без решений в сфере информационных технологий, которые упрощают и ускоряют работу. Любой рутинный процесс может быть автоматизирован. На сегодняшний день практически все организации хранят данные в электронном виде, что значительно упрощает работу с ними. Distance Learning Belarus является первым в Беларуси проектом дистанционного обучения, использующим возможности Internet-технологий. Практически все этапы учебного процесса автоматизированы, что позволяет работать с системой в реальном времени.

Разработанный компонент представляет собой вспомогательный модуль для веб-приложения, который дает возможность загрузки результатов олимпиад по программированию в автоматическом режиме. Интерфейс программного модуля реализован в виде HTML-формы. При работе есть возможность выбирать необходимую олимпиаду, а также дату ее проведения. После ввода требуемых данных происходит соединение с веб-сайтом, который содержит необходимые сведения о проведенной олимпиаде, такие как список участвующих команд, результаты каждой из них при решении олимпиадных задач, количество заработанных ими баллов, а также общее количество решенных задач, место в общем зачете и сведения о степени дипломов, полученных ими. Получив и собрав эти данные, модуль производит преобразование их в формат, используемый веб-приложением и заносит их в базу данных. Таким образом, результаты олимпиады будут отображаться на странице результатов, которая будет содержать всю выше перечисленную информацию.

Данный компонент реализован с помощью языка программирования Java и фреймворков JSP, Apache Velocity, JiBX, JDBC.

## Литература

1 Хоган, Б. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения / Б. Хоган. – ООО Издательство «Питер», 2012. – 272 с.

2 Колисниченко, Д. PHP и MySQL. Разработка Web-приложений / Д. Колисниченко. – БХВ-Петербург, 2016. – 608 с.

**Д. О. Купрацевич, Д. В. Ратобыльская**  
(ГГУ им. Ф.Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТОВ АНИМАЦИИ В ADOBE AFTER EFFECTS С ПОМОЩЬЮ ВЫРАЖЕНИЙ**

Анимированные изображения используются повсеместно, от заставок на смартфонах, до титров фильмов. Одной из популярных программ видеоредакторов является Adobe After Effects – продукт компании Adobe Systems. Данное приложение широко применяется в обработке отснятого видеоматериала, при создании анимации, в полиграфии и графическом дизайне.

Анимация всегда применяется в мультипликационных фильмах. Так как видео – это по сути набор фотографий, то анимация используется, чтобы при быстром просмотре данных фотографий создать эффект движения, как будто персонаж является «живым» или копирует поведение объектов из реального мира. Чаще это называется композинг.

Композитинг – создание целостного изображения путём совмещения двух и более слоёв отснятого на кино- или видеоплётку материала, а также CGI (созданные компьютерные объекты) и анимации.

Ранее для создания такого движения необходимо было прорисовывать каждый кадр с персонажем. Одним из способов решения этой задачи сейчас стало использование After Effects. Для работы в программе используются слои, ключевые кадры и выражения.

Выражения – все инструкции, написанные для свойства слоя с целью присвоить определенное значение этому свойству. Выражение достаточно часто осуществляет динамичную связь между различными свойствами слоя.

Одним из разработанных эффектов анимации стал аналог так называемого «Джин»-эффекта, используемого в системе Mac OS.

Эффект Джин представляет собой увеличение близлежащих объектов при наведении на них курсора мыши. Объекты увеличиваются

в размере в зависимости от того, как близко они расположены к курсору. Данный эффект используется в системе Mac OS для нижней панели программ.

Созданные таким образом анимационные эффекты могут быть использованы в качестве готовых шаблонов в анимации и видео материалах. Разработанные эффекты, вместе с описанием работы с выражениями, могут быть использованы в демонстрационных целях в учебном процессе.

**Д. С. Лапицкий, В. В. Мироненко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ»**

Система моделирования позволяет создать некое виртуальное пространство, которое можно наполнить телами виртуальными статическими и динамическими объектами, и указать для него некие общие законы взаимодействия тел и среды, в той или иной мере приближенные к физическим, задавая при этом характер и степень взаимодействий как например импульсы, силы и т. д. Расчёт взаимодействия тел система моделирования берёт на себя. Когда простого набора объектов, взаимодействующих по определённым законам в виртуальном пространстве, недостаточно в силу неполного приближения физической модели к реальной, возможно добавлять к телам связи. Рассчитывая взаимодействие тел между собой и со средой, система моделирования приближает физическую модель получаемой системы к реальной, передавая уточнённые геометрические данные средству отображения

В настоящей работе при реализации алгоритмов взаимодействия был использован метод численного интегрирования Верле [1], а так же моделирование вершин физических тел [2]. Помимо реализации логики, было так же реализовано приложение, с использованием языка программирования C# [3], позволяющее отобразить все поведения взаимодействия тел на персональном компьютере.

Использование системы моделирования в качестве основы как расширение при проектировании и разработке игры может в значительной степени облегчить работу и уменьшить потраченное время разработчика.

## Литература

1 Быстрый алгоритм численного интегрирования уравнений движения крупных частиц / А. А. Кураев [и др.] // Журнал технической физики. – 2014. – № 3. – С. 8–13.

2 Lengyel, E. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics Third Edition / E. Lengyel. – Cengage Learning PTR; 3rd edition 2011. – 576 p.

3 Шилдт, Г. – С# 4.0. Полное руководство / Г. Шилдт. – СПб. : Вильямс, 2011. – 1056 с.

**М. М. Лосева, Д. С. Кузьменков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ С#**

21 век – век развития. Современность не стоит на месте: мир, технологии, наука, индустрия, люди – развиваются в ускоренном темпе. Инновационные изменения происходят в различных развитых странах мира, и конечно, для удобства восприятия информации был выбран язык, который считается основным – английский язык.

На данном этапе развития общества трудно представить себе высокообразованного человека без знания английского языка. По всему миру создаются благоприятные условия для его изучения. Однако не каждый может позволить себе платные курсы или репетитора. Поэтому разработанное приложение можно представить, как один из способов проверить уровень своего английского языка. Оно позволит Вам проверить свои знания на различных уровнях владения языком. В приложении представлены грамматические правила, которые позволят Вам изучить материал, чтобы впредь не допускать ошибок. Постоянно тренируясь в разработанном приложении, можно значительно поднять свой уровень английского языка.

Данное приложение была написано посредством использования следующих языков программирования: С# и SQL. Язык программирования С# представляет собой гибрид из нескольких языков, он является таким же синтаксически чистым как и Java, почти столь же простым, как VB, и практически таким же мощным и гибким, как C++. Для осуществления

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

---

связи между базой данных и приложением на языке C#, необходим посредник. Именно таким посредником является технология ADO.NET, представляющая собой технологию работы с данными, которая основана на платформе .NET Framework.

Приложение было реализовано в Microsoft Visual Studio 2015. База данных для приложения была создана в MSSQL Server Management Studio 2014. Обращение к базе данных позволяет пользователю просматривать, извлекать данные с сервера и т.д. В результате было разработано приложение, используя которое пользователь может протестировать свои знания по английскому языку, а также восполнить пробелы в знаниях грамматики английского языка.

### Литература

1 Троелсен, Э. C# и платформа .NET / Э. Троелсен. – СПб. : Питер, 2004.

**В. Д. Моисеева, Т. В. Корлюкова, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

В наши дни мир технологий и программирование играют определяющую роль. Однако, для того, чтобы непосредственно участвовать в процессах разработки актуальных приложений, необходимо знать языки программирования. В современном обществе существует огромное количество языков, и их изучение является довольно сложной и объемной задачей для студентов. Целью нашей работы является разработка мобильного приложения для проверки собственного прогресса в изучении языков программирования без каких-либо курсов.

Спроектированное и реализованное приложение позволяет определить уровень знания языка программирования с помощью теста при выборе пользователем соответствующего уровня.

Мобильное приложение позволяет пользователю контролировать успешность изучения языков программирования с помощью тестов, в которых нужно будет находить ошибки кода либо дописывать пропущенное слово/знак. Предлагаемое решение включает в себя необходимую краткую теорию по выбранной теме. После выполнения теста пользователь может изучить личную статистику, увидеть уровень своих

знаний по данной теме, свои ошибки и пояснение к ним, а так же пройти тест повторно.

В приложении реализована дополнительная функция – видеопомощник. Пользователь может просматривать мультимедийные ресурсы, поясняющие особенности написания программ с подробным объяснением каждого шага. Таким образом, время изучения языка программирования может значительно сократиться.

Разработанное приложение адаптировано под различные особенности и методические подходы к изучению таких языков, как: Java, C++, Python, HTML. Мобильное приложение отличается от других доступных аналогов, в которых изучение ограничивается лишь ознакомительным содержанием или простой демонстрацией электронных книг и учебников. Преимуществом разработки является возможность регистрации пользователя в приложении, что дает ему возможность сохранять свои персональные достижения, а также свои исходные коды к различным программам, на случай, если они понадобятся.

**А. А. Нагай, Г. Ч. Шушкевич**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «ПОТОКИ В СЕТЯХ»**

Задачи о потоках в сетях изучаются уже более 60 лет. Интерес к ним обусловлен огромной практической значимостью этой проблемы. Методы решения задачи применяются на транспортных, коммуникационных, электрических сетях, при моделировании различных процессов физики и химии, в некоторых операциях над матрицами, для решения родственных задач теории графов. Исследования данной задачи проводятся во множестве крупнейших университетов мира.

Основной отличительной особенностью разрабатываемого обучающего приложения является возможность наглядно продемонстрировать использование алгоритмов о нахождении максимального потока в сети. Это, в свою очередь, позволит конечному пользователю получить новые знания в данной сфере, либо закрепить уже имеющиеся навыки, а также позволит провести сравнительный анализ о возможностях использования предложенных алгоритмов, показать их особенности. Кроме того, в данном приложении предусмотрена возможность изучения теоретических материалов по данной теме. Приложение также содержит подсистему контроля знаний пользователя, представленную в виде открытого теста.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования программного модуля как в учебном процессе при изучении студентами темы «Потоки в сетях», так и при решении прикладных задач возникающих при исследовании соответствующих моделей.

В приложении задействованы несколько основных алгоритмов для нахождения максимального потока в сети, а именно алгоритмы Форда-Фалкерсона, Эдмондса-Карпа, Диница, а также алгоритм проталкивания предпотока. При помощи графических средств, которые предоставляет Microsoft Visual Studio, пользователь имеет возможность самостоятельно строить графы, задавать исток и сток для исходного графа, а также выбирать алгоритм нахождения максимального потока в сети. Пошаговая визуализация делает процесс решения задачи более понятным.

Актуальность задачи о максимальном потоке постоянно возрастает, таким образом вопрос о скорости и точности решения поставленной задачи крайне необходим во всех сферах нашей деятельности, где хоть как-то встает вопрос о перемещении с максимальной рациональностью. Данное обучающее приложение помогает качественно решить поставленную задачу максимально доступно и понятно для конечного пользователя.

**А. А. Петушков, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ВЛАДЕНИЕМ СТРЕЛКОВЫМ ОРУЖИЕМ**

Современный подход к обучению стрельбы и тактики ведения боя очень является достаточно затратным и не позволяет в полной степени смоделировать реальные условия в связи с использованием моделей оружия стреляющих пластмассовыми шариками. При использовании технологии моделирования стрельбы с использованием ИК-излучений полностью устраняется влияние «человеческого» фактора, когда человек, пораженный шариком не замечает этого и доказать противное очень трудно. При работе с автоматической системой, при попадании регистрируется сам факт попадания и кем был осуществлен выстрел, затем полученные данные отправляются на сервер. Необходимо разработать программное обеспечение, способное полностью имитировать реальные поведенческие факторы ведения стрельбы из огнестрельного оружия, такие как скорострельность, точность, шанс осечки и т. д. и возможность



идентифицировать попадания по «противнику» с последующей обработкой этого попадания и передачей информации для дальнейшей обработки на сервере.

Модель системы состоит из ряда автономных устройств, передающих и принимающие разного рода информацию. Система включает в себя следующие устройства:

1) Модель оружия, посредством которого осуществляется обработка входных данных от пользователя (нажатие на спусковой крючок, нажатие на кнопку перезарядки и использования разного рода предметов, оснащенных RFID метками). Это устройство передаёт данные по средствам ИК-излучений.

2) Принимающее устройство, оформленное в виде жилета, с рядом датчиков, которое улавливает ИК-излучение, обрабатывает его, выполняет ряд необходимых действий (блокирует оружие при необходимости) и отправляет полученные данные на сервер.

3) Сервер – аккумулирующий все полученные данные и строящий на основе этих данных всю необходимую статистику.

4) Прочие устройства, моделирующие работу разного рода взрывчаток направленного действия.

Разработанная система может применяться для начального обучения владением стрелковым оружием и тактики ведения боя. Она значительно удешевляет процесс обучения и делает его более безопасным по сравнению с классическими способами военного обучения.

**А. Д. Пискунова, М. С. Долинский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТРАБОТКИ ПРОПУСКОВ САЙТА DL.DSU.BY**

Система дистанционного обучения «Distance Learning Belarus», функционирующая на базе Гомельского Государственного университета имени Франциска Скорины с октября 1999 года является системой, которая организывает учебный процесс и базируется на самостоятельном обучении учащихся.

На текущем этапе, необходимо было автоматизировать систему отработки пропусков со стороны администратора.

Данная задача состояла в том, чтобы написать функционал, который облегчал выполнение сброса пропусков для администратора.

Для выполнения поставленной задачи, использовались следующие технологии: Java, СУБД MS SQL Server и страницы JSP.

Изначально, администратору, чтобы он смог убрать пропуск для учащихся, необходимо было выполнять много действий: зайти на форум в раздел отработка пропусков; посмотреть и запомнить фамилии, группы и даты отработок учащихся; зайти в курс, в котором проходят обучение учащиеся; перейти на вкладку «Задачи»; открыть в дереве папку «Экзамен» (или «Зачет», в некоторых курсах); перейти в папку «Пропуски занятий»; выбрать дату, за которую необходимо сбросить пропуск; в открывшемся окне нажать на ссылку «Выставить оценки»; выбрать группу; нажать кнопку, стоящую напротив учащегося, которому необходимо сбросить пропуск; нажать на кнопку «Сохранить результаты».

Для того чтобы сбросить пропуск необходимо выполнить много действий. Это при том, если отработки пропусков учащихся будут за один и тот же день. Если отработок будет за несколько дней, то количество выполняемых действий возрастет.

Для того, чтобы администратор не выполнял много лишней работы, был разработан сервис по сбросу пропуска. Он работает следующим образом: администратор заходит на форум в раздел отработки пропусков и видит сообщения о пропусках, сгенерированных пользователем «Система отработки пропусков»; нажимает «Посмотреть Log» и видит страницу, которая отображает лог отработки пропуска; чтобы сбросить пропуск, администратор нажимает на кнопку «Принять отработку». В результате, формируется соответствующее сообщение, что пропуск сброшен и само сообщение закрашивается в зеленый цвет.

**В. А. Прохоренко, Е. В. Невдашенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА КУРАТОРА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНОСТИ**

Воспитательная работа представляет собой комплекс информационно-пропагандистских, индивидуально-психологических, правовых, социально-экономических, морально-этических, культурно-досуговых,

спортивно-массовых и иных мероприятий, осуществляемых в процессе воспитательной деятельности и направленных на формирование у студентов необходимых профессиональных и гражданских качеств. Воспитательная работа предполагает единство и согласованность действий всех субъектов воспитания.

С развитием информационных технологий актуальной становится задача создания автоматизированной электронной системы ведения кураторского журнала и формирования отчетов, так как ручное заполнение печатных журналов отнимает много времени и сил у преподавателей-кураторов. Чтобы повысить эффективность идеологической и воспитательной работы и облегчить процесс проверки работы кураторов, на кафедре математических проблем управления и информатики разработан электронный журнал, который дает возможность создавать различные виды отчетов по проведенной воспитательной работе.

В процессе разработки было реализовано веб-приложение, основанное на системе управления контентом WordPress. Куратор имеет возможность создать записи о проведенных в рамках идеологической и воспитательной работы мероприятиях и заполнить необходимую информацию. Отдел по воспитательной работе в свою очередь может отфильтровать мероприятия по любому полю (фамилия ответственного, участники, кафедра, место проведения, направление мероприятия и др.) с целью проверки выполнения плана куратора, а также сформировать отчет, содержащий список отфильтрованных мероприятий. Веб-приложение позволяет просмотреть список отфильтрованных мероприятий в графическом виде, а также экспортировать отчеты в форматах Microsoft Office для последующей печати.

Система находится в стадии внедрения и апробации на математическом, а в перспективе и на всех факультетах ГГУ.

**Е. С. Раздueva, М. В. Кулагина**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ВЕБ-САЙТА «PASCAL С НУЛЯ»**

Одной из главных задач современной модели образования является разработка веб-сайтов. При создании сайта, предназначенного для обучения языку программирования Pascal, были проанализированы сайты

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

со схожей направленностью, чтобы избежать их недостатков и использовать достоинства. Рассмотрим основные возможности работы сайта.

Главная страница разработанного сайта (рисунок 1) содержит навигационное меню, в котором имеются следующие вкладки: Главная, Теория, Примеры, Задания, форма поиска, Вход и Регистрация.

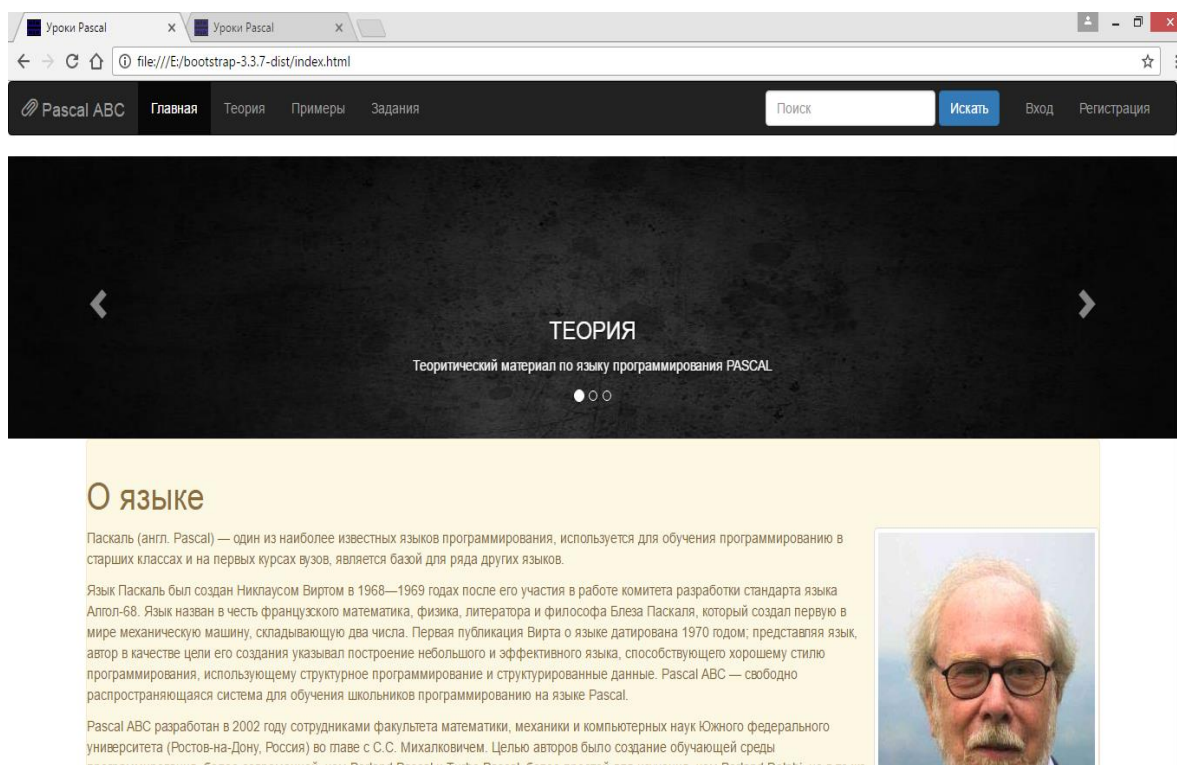


Рисунок 1 – Главная страница

При выборе вкладки «Теория» откроется страница, содержащая основные темы, соответствующие учебной программе уроков информатики в 6–11 классах по разделу «Основы алгоритмизации и программирования на языке Pascal». Выбрав нужную тему, пользователь попадает на страницу, с теоретическим материалом по изучаемой теме. Большинство страниц имеют кнопки «Пример» и «Задание», выбрав которые пользователь имеет возможность просмотреть примеры и выполнить задания, закрепив усвоенный материал.

Созданный сайт отвечает основным характеристикам образовательных сайтов, прост в обращении и будет полезен как учащимся, так и преподавателям.

**М. Д. Ракицкий, Г. Ч. Шушкевич**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **СОЗДАНИЕ ОТКРЫТОГО ЧАТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ШИФРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ**

В данное время такой проект актуален в связи с тем, что всё большую популярность набирают различные устройства, на которые установлена операционная система Android. Учитывая данный факт, мы сможем охватить большую аудиторию потребителей.

Приложение, написанное с помощью такого фреймворка, будет требовать заведомо меньше аппаратных ресурсов в связи с тем, что сам программист может легко оптимизировать работу этого фреймворка. Однако стоит отметить, что фреймворк libGDX использует некоторые технологии движка OpenGL версии 2.0 (именно он отвечает за обработку графической составляющей), что в итоге даёт очень хорошие результаты.

Главным героем игрового приложения, которое будет разработано во втором семестре, станет переменная  $X$ . Само игровое приложение представляет собой обычный 2D-раннер. Однако на пути  $X$  будут встречаться интегралы, дифференциалы, матрицы и т. д. Чем дальше бежит  $X$ , тем больше очков. Игра заканчивается когда  $X$  обращается в ноль. Также когда  $X$  встречает на своём пути экспоненту, то он на определённое время становится экспонентой в степени  $икс$ . Так выглядит игровая механика.

Сначала будет реализован механизм движения  $X$  по оси  $икс$  и  $игрек$ . Так же будет реализован механизм случайной генерации мира. Будут создаваться блоки, размер которых рассчитан так, что они могут поместить на себе сам  $X$  и ещё как минимум одно событие. После того как блок полностью уходит из области экрана, он будет удаляться из памяти. Таким образом, мы не будем хранить все блоки сразу в памяти, и мы не будем тратить зря аппаратные ресурсы. Это, в совокупности со случайной генерацией мира, даст выигрыш в производительности.

### **Литература**

- 1 Цехнер, М. Программирование игр под Android / М. Цехнер – М. : Питер, 2013. – 97 с.
- 2 Хорстман, К. Библиотека профессионала. Том 1. Основы / К. Хорстман. – М. : Вильямс, 2016. – 423 с.
- 3 Хорстман, К. Библиотека профессионала. Том 2. Расширенные средства программирования / К. Хорстман. – М. : Вильямс, 2016. – 329 с.

**А. А. Рохацевич, Л. П. Авдашкова**  
(БТЭУ ПК, Гомель)

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ**

В настоящее время сохранение и укрепление здоровья студентов является актуальной задачей. В связи с этим для контроля и оценки уровня физического здоровья студентов разработана информационная система, которая позволит ускорить анализ физического состояния студентов.

Оценка уровня физического здоровья включает в себя большое количество показателей (например жизненный индекс, силовой индекс, индекс Робинсона и другие).

Первым этапом создания автоматизированной информационной системы (АИС) является изучение и анализ предметной области [1, с. 93]. В ходе анализа были выявлены требования к АИС.

На следующем этапе была спроектирована база данных [2, с. 54] и реализована с помощью СУБД MS Office Access 2010. В результате проектирования получили модель данных.

После создания базы данных было разработано пользовательское приложение для работы с базой данных и оценки уровня физического здоровья. Приложение было реализовано в интегрированной среде разработки Delphi [3, с. 35].

Доступность и понятность разработанного приложения дает возможность работать с ним пользователю с базовыми знаниями персонального компьютера.

### **Литература**

1 Рудикова, Л. В. Проектирование баз данных : учеб. пособие для студентов вузов по специальностям «ПО ИТ», «Информационные системы и технологии (в экономике)» / Л. В. Рудикова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 352 с.

2 Оскерко, В. С. «Компьютерный практикум по технологиям баз данных». Для студентов экономических специальностей вузов / В. С. Оскерко, З. В. Пунчик. – БГЭУ, 2004. – 120 с.

3 Колосов, С. В. «Программирование в среде Delphi». Для студентов специальностей «Автоматизированные системы обработки информации» и «Автоматическое управление в технических системах» вузов / С.В. Колосов. – БГУИР, 2004. – 440 с.

**А. С. Светличный, М. С. Долинский**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ЗАДАЧНИКА ПО ХРАНИМЫМ ПРОЦЕДУРАМ DL.GSU.BY**

Хранимая процедура – объект базы данных, представляющий собой набор SQL-инструкций, который компилируется один раз и хранится на сервере. Хранимые процедуры очень похожи на обыкновенные процедуры языков высокого уровня, у них могут быть входные и выходные параметры и локальные переменные, в них могут производиться числовые вычисления и операции над символьными данными, результаты которых могут присваиваться переменным и параметрам. В хранимых процедурах могут выполняться стандартные операции с базами данных (как DDL, так и DML). Кроме того, в хранимых процедурах возможны циклы и ветвления, то есть в них могут использоваться инструкции управления процессом исполнения.

Хранимые процедуры позволяют повысить производительность, расширяют возможности программирования и поддерживают функции безопасности данных.

Вместо хранения часто используемого запроса, клиенты могут ссылаться на соответствующую хранимую процедуру. При вызове хранимой процедуры её содержимое сразу же обрабатывается сервером.

Кроме собственно выполнения запроса, хранимые процедуры позволяют также производить вычисления и манипуляцию данными – изменение, удаление, выполнять DDL-операторы (не во всех СУБД!) и вызывать другие хранимые процедуры, выполнять сложную транзакционную логику. Один-единственный оператор позволяет вызвать сложный сценарий, который содержится в хранимой процедуре, что позволяет избежать пересылки через сеть сотен команд и, в особенности, необходимости передачи больших объёмов данных с клиента на сервер.

Разрабатываемый задачник предназначен для обучения создания и использования хранимых процедур. Задачник содержит различные виды заданий, которые помогают лучше разобраться с таким явлением, как хранимые процедуры. Разрабатывая данный задачник мы хотим научить людей таким основным моментам:

– Если человеку поставили задание, в котором фигурируют некоторые из содержательных сущностей, чтобы человек знал, в каких таблицах хранится нужная информация и какие хранимые процедуры с ними работают.

- Общий вид хранимой процедуры, обозначения таблиц-полей, вызовов других процедур и их параметров.
- Операторы хранимых процедур.
- Примеры и способы вызова хранимых процедур из JSP-кода и приёма возвращаемой информации.

**Г. А. Симонович, Л. А. Величко**  
(УО БрГТУ, Брест)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ADVANCED GRAPHER В КАЧЕСТВЕ РАСЧЕТНОЙ СРЕДЫ В ФИЗИЧЕСКОМ ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ**

Не менее 80 % лабораторных работ по физике представляют собой эксперименты с целью установления функциональной зависимости одних физических величин от других. Обычно это сопровождается составлением таблицы, в которой один столбец представляет значение варьируемой, а другой (или другие) – значение измеряемых величин. На этом экспериментальная работа заканчивается и начинается весьма громоздкий процесс обработки полученных табличных данных. Поскольку результаты измерений содержат погрешности, искомая взаимозависимость физических величин оказывается нечеткой. Это вынуждает использовать малопонятный для студентов младших курсов аппарат математической статистики с огромным количеством дополнительных вычислений и сопутствующих им ошибок. Такое положение дел в компьютерную эпоху следует считать анахронизмом.

В широком обращении имеется бесплатная, очень простая в использовании и эффективная программа Advanced Grapher, которая давно применяется в преподавании математики [1, 2]. Думается, что не менее эффективно данная программа может использоваться в лабораторном практикуме по физике. Действительно, Advanced Grapher принимает табличные данные, которые преобразуются им в наглядные графики, осуществляет регрессионный анализ с большим набором аппроксимирующих функций, позволяет дифференцировать и интегрировать полученные зависимости. При этом все действия сопровождаются графическими построениями, что делает их очень наглядными и доступными для восприятия. Быстрота получения конечного результата позволяет выявить ошибки эксперимента устранить их повторными измерениями.



Стадии эксперимента и обработки результатов фактически сливаются в один интерактивный процесс установления физической закономерности.

### Литература

1 Миндиярова, Н. Н. Использование программы Advanced Grapher при решении уравнений и неравенств [Электронный ресурс]: интернет-портал изд. Дом. Первое сентября, фестиваль педагогических идей «открытый урок». – Режим доступа:

<http://festival.1september.ru/articles /211495/>. Дата доступа: 03.02.2017.

2 Азевич, А. И. Advanced Grapher на уроке и после него (Компьютер в школе) / А. И. Азевич // Математика в школе. – 2001. – № 6. – С. 65–69.

**И. О. Симхович, Е. А. Ружицкая**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **ОБУЧАЮЩЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ФЛАГИ И СТОЛИЦЫ МИРА»**

В настоящее время информационные технологии занимают центральное место в процессе интеллектуализации общества, развития его системы образования и культуры. Обучение с использованием компьютерных технологий постепенно становится новым образовательным стандартом, который внедряется во все структуры, проводящие подготовку и переподготовку специалистов (начиная от школьного, профессионально-технического и высшего образования и заканчивая ускоренными курсами по различным специальностям). Электронные средства обучения значительно превосходят традиционные средства по возможностям поиска и навигации, а также по наглядности представления материала. Кроме того, такие системы снабжены эффективными средствами оценки и контроля процесса усвоения знаний и приобретения навыков.

Многочисленные международные музыкальные конкурсы, спортивные олимпиады и чемпионаты обязательно сопровождаются наличием флага страны-участницы. Знания людей о флагах разных стран очень ограничены и запутаны. Приложение позволяет изучить флаги, названия столиц и географические положения стран на карте.

В приложении предусмотрены четыре различных игровых обучающих режима. Каждый режим имеет уникальный способ проверки знаний в форме теста. В приложении имеется справочник, где приведены

страны и их столицы, изображение флагов и карты. Для удобства поиска все страны разделены по континентам.

В первом режиме предлагается отгадать страну по её флагу. Во втором – дан флаг и на выбор четыре страны, требуется выбрать страну, соответствующую данному флагу. В третьем режиме даны четыре флага и четыре страны. Необходимо найти соответствие между страной и флагом. В четвёртом режиме нужно из предложенных вариантов выбрать столицу заданной страны.

Обучающее приложение «Флаги и столицы мира» было разработано в среде Builder 6. В качестве базы данных выбрана СУБД Microsoft Access. Связь с базой данных в приложении реализована с помощью технологии ADO, которая представляет собой универсальный механизм доступа к различным источникам данных из приложений баз данных.

**В. В. Ситько, А. В. Некревич, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ “HANGMAN” ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ**

Наблюдаемая в настоящее время информационная асимметрия, связанная с разработкой большого количества мобильных приложений во всех сферах, включая игровую развлекательную, дает нам возможность понять значимость новых форм самостоятельного обучения. Наиболее популярной и интересной является, и до сих пор не сдаёт позиции, игра HANGMAN – «Виселица».

HANGMAN – это классическая игра на развитие логики: вам необходимо отгадать слово, правильно заполнив все ячейки для букв. Слово обязательно должно было быть именем существительным, единственным числа (за исключением редких случаев, когда у него отсутствует форма единственного числа) в именительном падеже. Если игрок не верно угадывает слово, постепенно на вашем экране будет появляться виселица с повешенным человечком (что означает проигрыш). Но, что если во время игры есть возможность узнать что-то новое, что поможет улучшить свои знания и логические навыки, что поможет вам для вашего совершенствования в определённой учебной сфере деятельности? Основная идея разработки – создать мобильное приложение, игру,

которая поможет вам усовершенствовать и пополнить ваш запас знаний в экономической сфере.

Приложение спроектировано и разработано под операционную систему Android при помощи объектно-ориентированного языка программирования Java, который предоставляет разработчику широкие возможности для реализации задуманного проекта.

Мобильное приложение позволяет в нестандартной форме ознакомиться и выучить ключевые термины и определения, улучшить внимание и память, подготовиться к контрольным заданиям по дисциплине «Экономическая теория». Одиночный режим позволяет пользователю проверить свои личные достижения в знании терминов предмета. Отличительной особенностью предлагаемого решения является также наличие локального многопользовательского режима, который позволит бросить интеллектуальный вызов другим пользователям.

**А. В. Струг, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ИНСТРУМЕНТАМИ GOOGLE APPS**

Информатизация образования в теперешнее время считается актуальным условием поступательного становления общества. Модернизация информационных технологий занимает значимое место среди многочисленных направлений становления образования [1]. Она ориентирована на становление школьной инфраструктуры, а именно – информационной среды образовательного учреждения, что подразумевает внедрение и эффективное использование новых информационных средств и сервисов [2].

Целью работы является разработка и внедрение единой образовательной среды, позволяющей организовать совместную работу учащихся и преподавателей, для того, чтобы создать альтернативу традиционным формам организации учебного процесса. Такой подход обеспечит лучшие возможности и средства для реализации персонального обучения. Разработка предложенной единой образовательной среды выполнена с помощью новых, современных сервисов Google Apps.

Значимая роль новейших информационных технологий в образовании заключается в том, что они не только служат инструментами для

решения отдельных педагогических задач, но и присваивают свежие идеи, реализуют возможности успешного процесса обучения, стимулируют развитие дидактики и методики, содействуют созданию новейших форм преподавания и образования.

Предлагаемая единая образовательная среда (ЕОС) обладает преимуществами: помогает повысить качество образовательных услуг в учреждениях среднего образования; направлена на организацию совместной работы между учащимся и учителем, в т.ч. дистанционно; автоматизирует рутинные операции образовательного процесса на основе новых, современных технологий.

### Литература

- 1 Скибицкий, Э. Г. Непрерывное профессиональное образование: теория и практика / Э. Г. Скибицкий. – Новосибирск: САФБД, 2014. – 361 с.
- 2 Дистанционные образовательные технологии [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.uchportal.ru/publ/23-1-0-4413>. – Дата доступа: 23.01.2017.

**А. А. Улькина, Е. А. Ружицкая**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ЯЗЫКУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ С**

В настоящее время остро становится вопрос о выборе метода оценки качества усвоения знания студентов. Преподавателю за малое количество времени необходимо проверить и оценить знания всех студентов группы. Одним из методов проверки знаний студентов является компьютерное тестирование. Тестирование позволяет установить равные условия для всех студентов, как в процессе тестирования, так и в процессе оценки.

Разработано клиент-серверное web-приложение для проверки знаний по языку программирования С. Приложение написано на языке программирования PHP, так как он является одним из самых популярных инструментов web-программирования на стороне сервера. Для создания пользовательского интерфейса были использованы стандартные языки web-разработки: HTML, CSS, JavaScript.

Тест содержит 300 вопросов, которые сгруппированы в 3 категории: «Элементы языка и типы данных», «Операции, операторы и выражения», «Функции, указатели, массивы и строки». Вопросы хранятся в текстовом файле. Из этого файла приложение с помощью генератора случайных чисел формирует тест из 30 вопросов следующим образом: 5 вопросов по теме «Элементы языка и типы данных», 5 вопросов по теме «Операции, операторы и выражения» и 20 вопросов по теме «Функции, указатели, массивы и строки». В каждой теме имеются вопросы закрытого и открытого типа. В вопросах закрытого типа студент должен ввести правильный ответ. Вопросы открытого типа могут содержать от одного до 4 правильных ответов. Пользователь имеет право отвечать в произвольном порядке. Тест считается пройденным успешно, если студент правильно ответил на 25 вопросов из 30. После каждого прохождения теста, пользователю выводится не только количество правильных ответов, но и список вопросов, в которых были допущены ошибки, и студент может проанализировать, где существуют пробелы в знаниях. Отчёт об ошибках устроен таким образом, что наиболее сложные вопросы можно выделять в общей массе и формировать возможность их систематического повторения, для лучшего усвоения сложного материала. Преподаватель может просматривать результаты тестирования, формировать отчеты о результатах изучения дисциплины.

**А. В. Шевко, Е. М. Березовская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROSOFT VISUAL STUDIO**

Сейчас в жизни человека информационные технологии играют не последнюю роль. В повседневной жизни современный человек работает с стационарными и мобильными устройствами подключенных к сети интернет. С их помощью он получает актуальную информацию, коммуникации.

Современные информационные технологии нашли свое место и в сфере образования. Они интенсивно внедряются в учебный процесс. Кроме образовательных целей компьютеры используются в качестве платформы для проведения контроля знаний. Одним из видов проверки

является тестирование. Несмотря на недостаточную гибкость вариативности тестов, они предоставляют возможность тестируемому сконцентрироваться на определенном вопросе и внимательно анализировать каждый из предложенных вариантов ответа.

Было разработано и размещено в сети учебного учреждения «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины» приложение для проверки усвоенного материала. В разработанном приложении использованы современные Web-технологии. Реализация тестирующего приложения в виде Web-приложения обусловлено доступностью технологий, простотой использования и широким охватом пользователей. В отличие от прикладных программ, требующих установки, переноса баз данных на другие компьютеры, для использования Web-приложением понадобится браузер и доступа к сети Ethernet.

В разработанном приложении доступна возможность создавать тесты с одним или несколькими правильными вариантами ответа. Одновременно тестироваться может неограниченное количество человек, позволяя проверять учащихся без ожидания и по разным темам. В приложении реализована возможность продолжения прохождения теста при обрыве связи. По окончании теста существует возможность просмотра верных и неверных вариантов ответов данные испытуемым. Оценка результатов подсчитывается сразу после прохождения теста, выводя результат усвоения по пройденному тесту. Все результаты пройденных тестов хранятся в базе данных, они могут быть использованы для построения графиков успеваемости, визуализации процентного отношения усваиваемого материала, сбора аналитических данных и наблюдения за прогрессом учащихся за заданный промежуток времени.

В приложении существует возможность импорта файла, содержащего готовые тесты с вариантами ответов, подготовленного заранее преподавателем, редактировать или добавлять тесты по различной тематике.

**А. В. Ярошук, И. А. Миронов**  
(БГТУ, Минск)

## **ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО СТУДЕНТА ДЛЯ WEB-ПОРТАЛА УНИВЕРСИТЕТА**

В данной статье рассматриваются основные моменты разработки персонализированного рабочего пространства (личный кабинет) студента, предназначенное для своевременного получения актуальной

информации об учебном процессе, о финансовых отношениях и иных видах взаимодействия студентов с университетом, а также для предоставления доступа к необходимым для обучения материалам, ресурсам и информационным системам.

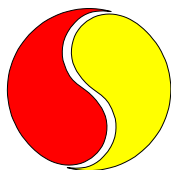
Личный кабинет будет интегрирован в корпоративный информационно-образовательный портал университета в качестве одного из сервисов. Для получения доступа к интерфейсу личного кабинета пользователи проходят процедуру аутентификации, которая выполняется на основе данных учетных записей из единой базы данных студентов и сотрудников для доступа к информационным ресурсам вуза. Права пользования личным кабинетом предоставляются всем студентам, находящимся в процессе обучения на текущий момент времени.

В личном кабинете студента находятся следующие модули: расписание учебных занятий, учебные планы, электронные учебно-методические комплексы, текущая успеваемость (результаты сессий), документы, внеучебные достижения студентов, обсуждения и др.

Модуль «Обсуждения» позволит студентам задавать интересующие вопросы, касающийся организации учебного процесса и студенческой жизни, и оперативно получить ответ на них от сотрудников пресс-службы, проректора по учебной работе, воспитательной работе, деканов факультетов и их заместителей, а также сотрудников других подразделений университета. Возможна организация опросов администрацией университета среди студентов по наиболее интересующим их вопросам.

Студенты различных факультетов смогут добавлять друг друга в друзья. Обмениваться информацией как между собой, так и с преподавателями (отправлять друг другу сообщения, документы, изображения).

В основе разработки персонализированного рабочего пространства используется система управления содержимым с открытым исходным кодом, созданная на языке PHP. Данный проект реализован с применением ООП и построен по принципу архитектуры Model-View-Controller, что позволяет применяться его в качестве PHP фреймворка.



## СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Применение информационных  
технологий в экономике и управлении*

---

**A. O. Volshtein**

(GSU F. Skaryna, Gomel)

### **USING SQLITE LIBRARY IN ANDROID APPLICATION**

В работе речь идет о использовании компактной и встраиваемой реляционной базы данных SQLite в операционной системе Android и её преимуществах относительно других средств, предоставляемых средой разработки под данную ОС.

Technological Progress nowadays led to the fact that almost every human has a gadget, which is used to store and get information in many different ways. For instance, we use our phones and tablets to store information about our events, and then get this information exactly the time we need it. Thus, developing an app that helps to do such store-get manipulation with data would be very useful. The first question developer should have answer on is a question of choosing a platform. The answer in most cases is that platform, which is the most widely used.

Android is a mobile operating system developed by Google, based on the Linux kernel and designed primarily for touch screen mobile devices such as smartphones and tablets. By 2016, Android was on the majority of smartphones in virtually all countries in the world, excluding United States and Canada (while including North America continent as a whole).

In Android you can store data in three possible ways: by saving key-value sets using SharedPreferences APIs, by saving data in files and by saving data in SQL Databases using SQLite (android.database.sqlite package).

SQLite is an in-process library that implements a self-contained, serverless, zero-configuration, transactional SQL database engine. The code for SQLite is in the public domain and is thus free for use for any purpose, commercial or private. SQLite is the most widely deployed database in the world.

SQLite is an embedded SQL database engine. Unlike most other SQL databases, SQLite does not have a separate server process. SQLite reads and writes directly to ordinary disk files. A complete SQL database with multiple tables, indices, triggers, and views, is contained in a single disk file.

Because an SQLite database requires no administration, it works well in devices that must operate without expert human support. SQLite is a good fit for use in phones, set-top boxes, game consoles, cameras, watches.



The SQLite code base is supported by an international team of developers who continue to expand the capabilities of SQLite and enhance its reliability and performance while maintaining backwards compatibility.

**М. С. Алиферович, Е. Е. Куликова, С. В. Кравченко**  
(БТЭУ ПК, Гомель)

## **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ**

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – это единая сеть физических объектов, способных изменять параметры внешней среды или свои, собирать информацию и передавать ее на другие устройства.

Интернет вещей – это, например, самые разнообразные «умные» дома, которые открывают двери для владельцев при приближении, подогревают ужин, поддерживают оптимальный микроклимат, самостоятельно пополняют запасы холодильника и так далее.

В автомобильной промышленности Интернет вещей позволяет более точно контролировать трафик. Автомобили оснащаются средствами позиционирования, что позволяет отслеживать перемещение в реальном времени, заранее предсказывать и устранять различные пробки и заторы на дорогах.

В сфере повышения производительности труда, техники безопасности и рабочих условий применяются беспилотные летательные аппараты для проверки нефтепроводов, контроль безопасности пищевых продуктов с помощью датчиков, а также сведение к минимуму воздействия шума, химических веществ и других опасных газов на работников, особенно в традиционных отраслях тяжелой промышленности, таких как нефтяная, газовая и химическая.

На промышленных предприятиях Интернет вещей – это установка на станки терминалов-регистраторов, которые собирают информацию о работе и простоях оборудования, после чего отправляют данные на сервер, который, в свою очередь, автоматически вызывает сервисные службы в случае аварии или необоснованного простоя, сообщает технологам детали производственного процесса, контролирует загрузку станков.

Для развития Интернета вещей необходимо развитие технологий идентификации, измерения состояния внешней среды, передачи данных и обеспечения безопасности, а также единые стандарты взаимодействия устройств. В будущем благодаря Интернету вещей можно будет сделать осуществление многих процессов более рациональным и эффективным.

**А. В. Атаманчук, В. В. Бондарева**  
(БТЭУПК, Гомель)

## **ПОИСКОВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ САЙТА – SEO**

В век информационных технологий сложно представить развивающуюся организацию без Web-страницы в сети Интернет. Несмотря на обилие маркетинговых путей, сайт является лицом компании и способен автоматизировать многие процессы в организации, стать главным источником привлечения прибыли. Потенциальные клиенты, все чаще используют поисковые машины для поиска, сравнения и в итоге выбора организации, с которой они намерены работать. Как говорилось ранее, будучи лицом компании, сайт является главным критерием выбора той или иной организации. Клиент, отдаст свое предпочтение той организации, чей сайт будет прост, красив, информативен, а главное легко доступен в сети.

В настоящее время Интернет активно развивается как рекламный канал. [2, С. 27]. Обмен информацией в реальном времени и наличие обратной связи делают Интернет эффективным инструментом рекламирования с точки зрения качества контакта с потребителем.

Каждый веб-мастер и организация, имеющая сайт, ставит своей целью добиться попадания в топ листы поисковых систем. Находясь на первых позициях поисковой системы сайт, как минимум, получит тысячи уникальных посетителей в сутки и как минимум столько же потенциальных клиентов. [3, С. 37]

Поисковая оптимизация (search engine optimization, SEO) – это комплекс мер по улучшению поисковой выдачи сайта. [1, С. 7]

Поисковая оптимизация ведется постоянно и не прекращается, даже если сайт находится на лидирующих позициях во всех поисковых системах. Это обусловлено, прежде всего, тем, что конкуренты также вкладывают силы и ресурсы в продвижение.

### **Литература**

- 1 Дубаков, А. И. Веб-мастеринг / А. И. Дубаков. – Санкт-Петербург : ВHV, 2002. – 180 с.
- 2 Леонтьев, Б. В. Web-Дизайн: Тонкости, хитрости и секреты / Б. В. Леонтьев. – Москва : Майор, 2001. – 170 с.
- 3 Петюшкин, А. В. html Экспресс - курс / А. В. Петюшкин. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. – 256 с.

**А. О. Балицкая, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **СОЗДАНИЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ТУРИСТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО»**

В современном мире туризм развивается всё в большей мере. Людей всегда привлекали зарубежные страны, далёкие острова – одним словом, новые впечатления. Поиск чего-то нового заложен в нас от природы. А приложения с обширным пластом информации по туристическим запросам сможет намного облегчить жизнь, а значит и путешествия пройдут комфортно и без тревог. Окружающий нас мир необъятен и велик, а путешествие – отличная возможность собственными глазами понаблюдать величие нашего мира.

Именно такого рода приложение и планировалось создать. Максимально усовершенствовав его под запросы нашего общества. Удобство и многофункциональность уже неотъемлемые спутники хорошего и качественного продукта.

На данный момент существует множество библиотек, с которыми разработка клиентской части ускоряется в разы, однако ничто не заменит старый и добрый HTML. К нему, конечно же, в придачу идёт CSS и вездесущий JavaScript. Ну, а для создания полнофункционального интерактивного web-приложения без серверной части никак не обойтись. Поэтому PHP, Apache и MySQL также будут задействованы. Они же и помогут взаимодействовать с клиентом.

Как уже было сказано ранее, для любого приложения нужно разработать свою логику, которая и будет принимать запросы от клиентов. Первое, что надо сделать, – это продумать интерфейс будущего приложения, который и будет предоставлен конечному пользователю. Внешний вид приложения должен быть понятен и прост в использовании. Следует избегать конструкций большой сложности, добавив лишь простейшие операции (сортировка, поиск и т. п.). Сервер приложения, на котором и сосредоточена большая часть бизнес-логики, будет отвечать за обработку запросов клиента. А также будет обеспечиваться доступ к серверу баз данных, которые хранят и обеспечивают целостность данных. Поэтому для приложений, работающих с большими объёмами данных, важно оптимизировать доступ к данным.

В результате работы был спроектирован и разработан интерфейс для работы с базой данных «Туристическое агентство», который обладает понятным и удобным дизайном, создано удобное и современное web-приложение для работы с базой клиентов.

**К. А. Борисова, Д. В. Грицук**  
(БрГУ им. Пушкина, Брест)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ**

На сегодняшний день, в жестких условиях рыночной экономики, необходимость совершенствования деятельности предприятия на основе внедрения новых информационных технологий является очевидной (не зависимо от организационной структуры предприятия).

Автоматизированная система предприятия ООО «АкваФлора» должна обеспечить работу его специалистов различных подразделений в едином информационном пространстве, прозрачность учета, а также возможность для должного контроля и анализа деятельности. В связи с чем, при помощи программного продукта 1С: Предприятие [1], была разработана информационная база, которая позволяет работать большому количеству пользователей, осуществлять заказы клиентом, складские операции, продажи и возвраты товара и т.д.

При помощи механизма системы компоновки данных созданы отчеты на основе декларативного описания данных (рисунок 1), которым соответствуют всевозможные таблицы выходных данных, сводных данных диаграммы и пр.

Основной

Период: 12.02.2017 0:00:00

Номенклатура: Стол

Сформировать

### Цены номенклатуры

Параметры: Период: 12.02.2017 0:00:00

Группа	Период	Номенклатура	Цена	Цена с НДС	В наличии	В резерве
Столы						
	31.01.2017 0:00:00	Стол	5,00	6	1,000	1,000
	04.02.2017 0:00:02	Стол	20,00	24	1,000	1,000
Стулья						
	04.02.2017 0:00:00	Стул	20,00	24	10,000	
	31.01.2017 0:00:00	Стул	6,00	7,2	10,000	
Шкафы						
	04.02.2017 0:00:00	Шкаф	30,00	36	5,000	
	31.01.2017 0:00:00	Шкаф	7,00	8,4	5,000	

Рисунок 1 – Отчет «Цены номенклатуры»

### **Литература**

1 Радченко, М. Г. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы / М. Г. Радченко, Е. Ю. Хрусталева. – М.: 1С-Публишинг, 2013. – 964 с.

**Е. С. Бубенко, Е. В. Комракова**  
(ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЕ ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ANDROID, ДЛЯ ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

Число пользователей мобильных устройств стремительно растет, и, в связи с этим, у многих компаний возникает вопрос о развитии мобильных сервисов. Существует два основных подхода для решения поставленного вопроса: разработка мобильного веб-сайта или же мобильного приложения. Мобильное приложение, в отличие от веб-сайта – это самостоятельный программный продукт, устанавливаемый под необходимую операционную систему устройства, который предоставляет большую гибкость для взаимодействия с пользователем, и может предоставлять ряд функций, недоступных для обычного веб-сайта.

Мобильное приложение было разработано на языке программирования Java, с использованием двух реляционных СУБД MySQL и SQLite [1]. СУБД MySQL является удаленной базой данных, в которой хранится вся информация о товарах и правах пользователей. Взаимодействие с данной базой данных осуществляется посредством преобразования данных, хранящихся в СУБД MySQL в JSON формат с помощью языка программирования PHP. Данный подход позволяет как упростить, так и ускорить взаимодействие с удаленной базой данных. СУБД SQLite используется для хранения локальных данных.

Разработанный программный продукт представляет собой гибкое взаимодействие нескольких модулей, таких как каталог и калькулятор. Каталог предназначен для вывода оборудования, предоставляемого компанией. В нем реализованы все необходимые функции для быстрого поиска оборудования, также в нем имеется возможность добавлять понравившееся товары в список избранного. Калькулятор предоставляет несколько иной подход к подбору оборудования. В нем можно как просто рассчитать основные параметры систем видеонаблюдения, так и, по вычисленным параметрам, вывести список наиболее подходящего оборудования. Произведенные расчеты можно сохранить, и в последствии просмотреть или отредактировать.

### **Литература**

1 Хашими, С. Разработка приложений для Android / С. Хашими, С. Коматинени, Д. Маклин. – Питер, 2011. – 709 с.

**Е. С. Бычков, П. В. Бычков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

**СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ  
«КАЛЬКУЛЯТОР КОММУНАЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ»  
ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЯЗЫКА JAVA**

В настоящее время информационные технологии занимают центральное место в повседневной жизни общества, развития его системы образования и культуры. Все большее число сервисов позволяют автоматизировать рутинные задачи и упростить жизнь, позволяя уделять время креативным задачам. В последнее время оплата коммунальных платежей становится все более автоматизированной и для того чтобы облегчить пользователям процесс планирования семейного бюджета было создано приложение «Калькулятор коммунальных платежей». Оно позволяет быстро получить информацию о том сколько придется потратить денег на оплату коммунальных платежей в этом месяце, позволяя семье более точно прогнозировать свои траты и формировать план расходов.

Данное приложение разработано с целью заменить традиционный способ расчета расходов на коммунальные платежи. В отличие от бумажных и других носителей, работа со всей информацией максимально автоматизированна. Приложение будет полезно для любой семьи которая хочет облегчить процесс планирования семейного бюджета. В ближайшее время планируется реализовать сохранение данных на сервере для возможности доступа всех членов семьи к одному аккаунту. Приложение «Калькулятор коммунальных платежей» было разработано в среде Android Studio 2.0 и рассчитано на устройства под управлением системы android версии 4.2+. В качестве базы данных выбрана локальная СУБД SQLite. Интерфейс приложения разрабатывался в соответствии с гайдлайнами MaterialDesign. Связь с базой данных в приложении реализована с помощью технологии DatabaseConnection, которая представляет собой универсальный механизм доступа к различным источникам данных из приложений баз данных

**Г. А. Витман, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА СЕРВИСА УСЛУГ ОНЛАЙН-БРОНИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ**

В современном мире в рамках жесткой конкуренции и необходимости адаптации к рыночным условиям экономики для безубыточного существования предприятиям требуется вносить изменения в организацию работы. Одним из способов поддержания рентабельности предприятия является внедрение в процесс производства информационных технологий [1]. Применение передовых технологий, научных знаний или методов управления, а так же использование новых технологий в управлении производством или в развитии производства позволяет эффективно улучшить производительность предприятия [2].

Необходимость внедрения информационных технологий в деятельность предприятий возникает практически на каждом субъекте хозяйствования и затрагивает как все существующие отрасли экономики, так и отрасль сферы услуг в частности. Преимущества использования специально разработанных сервисов онлайн бронирования заказов для предприятий общественного питания очевидны: значительное упрощение, ускорение и оптимизация специфических для этого бизнеса операций. Целью работы является проектирование и внедрение сервиса услуг онлайн-бронирования заказов, позволяющей автоматизировать деятельность ресторана. Предлагаемая система позволит значительно увеличить скорость обслуживания, снизить нагрузку на персонал, сэкономить расходы путем сокращения штата сотрудников. Она способна обеспечить для ресторана существенное конкурентное преимущество среди предприятий региона.

### **Литература**

1 Булатов, А. С. Экономика / А. С. Булатов. – Москва: Экономистъ, 2003. – 896 с.

2 Горбунова, Ю. А. Инновационные технологии в ресторанном бизнесе / Ю. А. Горбунова, М. А. Бабченко // Молодёжь и наука: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section05.html>. – Дата доступа: 25.01.2017.

**А. В. Воронкова, В. Ф. Байнев**  
(БГУ, Минск)

## **«ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ» КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

Наступает эра первого постиндустриального технологического уклада или так называемой «четвертой промышленной революции» [1]. В связи с этим очевидно, что производством и экономикой в целом эффективно управлять на основе принципов, сформированных в прошлом веке, становится неприемлемо и невозможно.

Теоретическим фундаментом очередной индустриальной революции является концепция «промышленного интернета». Ее суть в том, что посредством цифровых и информационных технологий, обеспечивается взаимодействие объектов физического мира и виртуальных сетей. Благодаря этому рассредоточенные в пространстве производственные мощности (предприятия), задействованные в совместном производстве какой-либо продукции, смогут работать слаженно, скоординировано, по взаимообусловленным программам. Кроме того, такие производственные системы способны осуществлять дистанционный мониторинг продукции на всех стадиях ее жизненного цикла: от проектирования и производства до эксплуатации и утилизации. Такое планирование производства в пространстве и во времени позволяет снизить затраты, спрогнозировать будущую потребность и уже сегодня готовиться к ее удовлетворению, обеспечить замкнутый цикл использования сырья и других производственных ресурсов.

Проблематично то, что в нашей стране уровень осознания указанных фундаментальных изменений пока еще невысок. Важно изучить данный феномен, чтобы в условиях «четвертой промышленной революции» Беларусь смогла быть глобально конкурентоспособной. Будучи в тренде, можно получить экологически чистое, безотходное производство, реализовать энерго- и ресурсосбережение, обеспечить предоставление потребителю инновационной продукции по наилучшей цене, а значит, создать условия для формирования инновационной (интеллектуальной) экономики.

### **Литература**

1 Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution / K. Schwab // Foreign Affairs. December 12, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>. – Дата доступа: 18.01.2017.



**А. В. Галковский, Л. Н. Марченко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКУРЕНЦИИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Рассматривается конкуренция в банковской сфере Республики Беларусь на основе  $H$ -stat подхода Панзара-Росса [1]. Идея заключается в измерении степени, с которой изменение факторных цен отражается на изменении дохода банка. На первом шаге выполняется эконометрическая оценка эластичности процентных доходов банков по трём факторным ценам – стоимости привлечённых средств  $AFR$ , стоимости трудовых ресурсов  $PPE$  и стоимости прочих расходов  $PONILE$ , на втором – рассчитывается показатель  $H_{stat}$  как сумма оценочных эластичностей. По данным бухгалтерского баланса и отчёта о прибылях и убытках, публикуемых Национальным Банком Республики Беларусь ежеквартально со 2-го квартала 2002 года по 4-й квартал 2016 года [2] включительно, по каждому банку оценена модель, включающая три блока факторов: цены на факторы производства, специфические банковские факторы и переменная масштаба:

$$\begin{aligned} \ln \Pi_{i,t} &= \alpha_i + \beta FIP_{i,t} + \gamma BSF_{i,t} + \delta \ln TA_{i,t} + \xi_{i,t} = \\ &= \alpha_i + \beta_1 \ln AFR_{i,t} + \beta_2 \ln PPE_{i,t} + \beta_3 \ln PONLE_{i,t} + \gamma_1 \ln \frac{OI_{i,t}}{\Pi_{i,t}} + \gamma_2 \ln \frac{EQ_{i,t}}{TA_{i,t}} \\ &+ \gamma_3 \ln \frac{LNS_{i,t}}{TA_{i,t}} + \gamma_4 \ln \frac{ERA_{i,t}}{ERP_{i,t}} + \gamma_5 \ln \frac{ONEA_{i,t}}{TA_{i,t}} + \gamma_6 \ln \frac{DPS_{i,t}}{F_{i,t}} + \delta \ln TA_{i,t} + \xi_{i,t}, \end{aligned}$$

где  $TA$  – совокупные активы,  $\Pi_{i,t}$  – процентные доходы банка,  $FIP$  –  $AFR$ ,  $PPE$ ,  $PONILE$  : цены привлечённых средств, персонала и прочих факторов соответственно,  $OI_{i,t}/\Pi_{i,t}$  – отношение прочих доходов к процентным доходам (отражает степень интегрированности банка в финансовую систему),  $EQ_{i,t}/TA_{i,t}$  – отношение собственного капитала к активам, отображает общий уровень риска, принимаемого банком,  $\ln(LNS_{i,t}/TA_{i,t})$  – отношение кредитов населению и нефинансовым предприятиям к активам; отражает общий уровень кредитного риска, принимаемого банком,  $ERA_{i,t}/ERP_{i,t}$  – отношение платных активов к платным пассивам,  $ONEA_{i,t}/TA_{i,t}$  – отношение прочих неплатных активов к активам; отражает часть активов не приносящих значимого дохода,  $DPS_{i,t}/F_{i,t}$  – отношение депозитов населения и нефинансовых предприятий к счетам и депозитам населения и нефинансовых предприятий. Далее рассчитывается показатель  $H_{stat} = \beta_{PONILE} + \beta_{PPE}$ . В соответствии

с подходом Панзара-Росса справедливо следующие: если  $H_{stat} \leq 0$ , то имеет место монополия в банковской сфере, если  $0 < H_{stat} < 1$ , то – монополистическая конкуренция, если  $H_{stat} = 1$ , то – совершенная конкуренция.

**Е. С. Гатихо, О. В. Голубева**  
(ПГУ, Новополоцк)

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГА В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА**

Как и любая маркетинговая деятельность, продвижение в социальных медиа не имеет смысла без показателей эффективности. Как правило, для каждого конкретного маркетингового программного продукта разрабатывается уникальная система оценки, адаптированная под решаемые задачи. Если говорить о наиболее простой классификации программных продуктов, используемых для оценки эффективности маркетинга в социальных медиа, можно выделить два типа программ: внутренние и внешние. Так как многие социальные сети, блоги и форумы не имеют полноценных программных модулей для оценки эффективности маркетинга, зачастую вместе с программным обеспечением внутреннего типа приходится использовать программы внешнего типа.

Многие внешние веб-сервисы часто предоставляют пользователям более обширный список возможностей для аналитики, чем программные продукты внутреннего типа. Однако это приводит к проблемам, связанным с высокой сложностью работы.

Большинство социальных медиа-сервисов имеют схожую структуру, однако каждая социальная сеть, блог или форум имеет свои отличительные компоненты и архитектурные особенности. Разработчики социальных медиа постоянно дорабатывают и создают новые функциональные возможности собственных веб-сервисов, в том числе инструменты для продвижения товаров и услуг. Поэтому применение внешнего программного обеспечения не всегда является возможным, а полученные после модификации социального веб-сервиса данные могут быть не корректными и не актуальными.

Кроме того не стоит забывать об объеме данных, которые приходится обрабатывать при анализе продвижения в социальных медиа.

Таким образом, при создании программного обеспечения для оценки эффективности маркетинга в социальных медиа необходимо решать

проблемы, связанные с большим объемом обрабатываемой информации, удобством пользования и модификации, высоким уровнем производительности и функциональной пригодностью.

**В. В. Глушков**

(ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно)

## **ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСОВ E-LOGISTIC**

Целью исследования является разработка программно-алгоритмического комплекса, способного повысить эффективность работы предприятия в сфере транспортно-экспедиционных услуг.

В ходе анализа стало очевидно, что функционирование подобного предприятия без автоматизации значительной части процессов не оптимально. Основными задачами являются обработка поступающих заказов, характеризующихся двумя базовыми характеристиками – параметры груза и маршрут доставки. С помощью программного комплекса предлагается реализовать оптимальное управление водителями и парком автомобилей, предусмотреть подбор оптимальных среди доступных транспортных средств, примерный расчёт стоимости, расстояния на основе существующих публичных API-сервисов.

Для создания автоматизирующих данные процессы алгоритмов необходимо учитывать взаимосвязи и отношения множества сущностей (агентов). Таким образом, на уровне базовой абстракции всей системы наиболее подходящей для ее реализации является многоагентная модель. Система соответствует базовым свойствам многоагентной модели [1]:

1) Автономность – отдельные агенты работают независимо, например агент, представляющий интерфейс для работы исключительно с автопарком, фактически является отдельным модулем.

2) Ограниченность представления – агент, обрабатывающий логистические функции, не имеет представления о логике агента, выполняющего ранжирование.

3) Децентрализация – каждый отдельный агент выполняет лишь свои отдельно взятые функции, напрямую не воздействуя на логику поведения других объектов и не управляя ими.

На основе вышесказанного формируется вывод о возможности реализации системы по принципу многоагентной модели, которая при этом

Материалы XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 20–22 марта 2017 г.

---

не ограничивает выбор технических средств и подходов по созданию самого приложения.

### Литература

1 Портал искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/multiagent-systems>. – Дата доступа: 06.11.2016.

**Д. С. Гурский, В. В. Сыч, А. Р. Качкан, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **МАКЕТ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЧЕРТ ХАРАКТЕРА**

В работе описывается экспресс-диагностика индивидуальных черт характера, основанная на использовании теста Шварца [1], антропометрических данных [2] и анализа почерка [3].

Не весь генетический потенциал в детстве раскрывается и не всегда с позитивной стороны. Для этого можно использовать дополнительные психологические тесты, выявляющие подсознательные предпочтения человека, например, цветов, звуков, запахов, вкусов, различных форм, картинок, аудио- и видео-произведений. Такая диагностика может быть неоднозначной и зависеть от настроения респондента в момент тестирования. В нашей работе эту ситуацию спасает эффект фрактальности проекций: одна и та же внутренняя структура (например, структура внутренних органов человека) отражается определенным образом во всех элементах полной внешней формы (на ладонях, ступнях, туловище, языке, радужке глаза и т. п.). Такое дублирование позволяет реализовать известную идею академика В. М. Глушкова – синтез надежной системы из ненадежных элементов.

Разработанная версия макета клиент-серверного web-приложения обеспечивает: предоставление возможности пользователю прохождения теста; обработку полученных данных с целью формирования рекомендаций и индивидуального прогноза в рамках таких направлений, как персональный маркетинг, поиск нужных людей (специалистов или клиентов), информационных ресурсов и т. п.

## Литература

1 Карандашев, В. Н. Методика Шварца для изучения ценностей личности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.psyoffice.ru/146-karandashev-v.-n.-metodika-shvarca-dlja.html>. – Дата доступа: 02.02.2017.

2 Конституциональные особенности человека и темперамент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://psylist.net/difpsi/wika1.htm>. – Дата доступа: 02.02.2017.

3 Определение характера по почерку [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirsovetov.ru/a/psychology/psychologic-trick/character-handwriting.html>. – Дата доступа: 02.11.2016.

**А. А. Дедук, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Особенностью развития современного бизнеса является возникновение новой интернет среды, которая стала активно использоваться в экономических отношениях. Традиционная экономика испытывает сильнейшее влияние электронной составляющей деловых отношений, генерирующей прогрессивные формы осуществления бизнес-процессов, под воздействием которых меняется не только структура субъектов рынка, но и технология управления ими.

Развитие информационных технологий, и прежде всего компьютерных сетей, позволяет на более высоком уровне осуществлять контакты между производителями (продавцами) различных товаров и услуг и их потребителями, наиболее обоснованно сегментировать целевой рынок, своевременно организовывать производство и поставку необходимых товаров.

В настоящее время наличие сайта у производителя (продавца) различных товаров и услуг – это безусловный тренд. Крупные корпорации и простые пользователи хотят совершать как можно меньше необходимых и обязательных действий для удовлетворения своих материальных потребностей. Клиентам нравится покупать и оплачивать покупки парой кликов в любое время суток. Плюс для бизнеса в данном случае –

возможность развивать бизнес как таковой, не вкладываясь в строительство и содержание офисов.

В работе предложено решение, включающее в себя проектирование и разработку специализированного интернет-магазина для эффективного продвижения продукции фермерского хозяйства, а также внедрение сервиса по продвижению продукции крестьянского хозяйства посредством использования интернет-каналов. Ресурс обеспечивает своевременное получение актуальной информации о деятельности предприятия в максимальном объёме: основные направления деятельности специализированного фермерского хозяйства, контактная информация, актуальные прайс-листы, новостная колонка и обратная связь.

**Н. А. Денисенко, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MS SQL SERVER ANALYSIS SERVICES И ГИБКОЙ СИСТЕМЫ ОТЧЕТОВ**

В настоящее время задачи прикладных автоматизированных бизнес-ориентированных программных систем вышли на качественно новый технологический уровень, требующий применения инновационных моделей анализа данных.

Целью исследования являлась разработка практической инновационной модели интеллектуального анализа данных, способной обрабатывать массивное количество неструктурированных данных на основе набора стандартных алгоритмов интеллектуального анализа данных или конструктора интеллектуального анализа данных, предназначенного для создания и просмотра моделей интеллектуального анализа данных, управления ими и построения прогнозов.

Особенностью реализованного решения является использование дополнительных Business Intelligence возможностей MS SQL Server на базе функциональности Analysis Services, а именно использование OLAP-кубов и формирование отчетов, выгружающихся в MS Excel.

Реализованный блок интеллектуального анализа данных поддерживает следующие алгоритмы анализа данных:

– алгоритмы классификации. Осуществляют прогнозирование дискретных переменных на основе других атрибутов;

- регрессивные алгоритмы. Осуществляют прогнозирование одной или нескольких непрерывных числовых переменных;
- алгоритмы сегментации. Делят данные на группы, имеющие схожие свойства;
- алгоритмы взаимосвязей. Осуществляют поиск корреляции между атрибутами в наборе данных;
- алгоритмы анализа последовательностей. Обобщают часто встречающиеся в данных последовательности.

### Литература

- 1 Learning with Kernels. Support Vector Machines, Regularization, Optimization / B. Schölkopf [и др.]. – М. : MIT Press, 2002. – 626 с.
- 2 Vapnik, V. Statistical learning theory / V. Vapnik. – М.: Wiley, 1998. – 736 с.
- 3 Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 2-е издание / I. Witten [и др.]. – М. : Morgan Kaufmann, 2005. – 654 с.

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

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА БИБЛИОТЕКИ

Современное общество невозможно представить без компьютера. Они настолько широко и глубоко внедрились в нашу жизнь, что трудно назвать какую-либо сферу деятельности человека, где бы они не использовались. В связи с этим серьезные требования предъявляются и к аппаратной части современных компьютеров, и к используемому программному обеспечению. В основном программное обеспечение, обеспечивают возможность широкого использования компьютеров.

В соответствии с заданием курсового проектирования следует создать автоматизированную информационную систему «Библиотеки», которую наиболее удобно можно организовать с помощью баз данных.

Без какого-либо преувеличения можно сказать, что планирование базы данных ответственный и важный процесс. Перед началом работы необходимо иметь как можно более подробный план. Совершенно очевидно, что это поможет сэкономить силы и время разработчику.

Сегодня трудно себе представить сколько-нибудь значимую информационную систему, которая не имела бы в качестве основы или важной составляющей базу данных. Концепции и технологии баз данных складывались постепенно и всегда были тесно связаны с развитием систем автоматизированной обработки информации.

Прежде чем приступить к решению поставленной задачи, а именно, созданию автоматизированной информационной системы необходимо было изучить предметную область. А так же проанализировать описание подходов к проектированию и разработке проекта АИС «Библио-теки», методологию описания проекта будущей информационной системы, автоматизирующей процесс обслуживания посетителей библиотеки.

Программа полностью автоматизирует труд библиотекаря и организует надежное хранение и обработку данных.

В базе данных используются следующие объекты:

- таблицы для сохранения данных;
- запросы для поиска и извлечения только требуемых данных;
- формы для просмотра, добавления, редактирования и изменения данных в таблицах;
- отчеты для анализа и печати данных в определенном формате.

**В. Г. Долгий, Е. А. Левчук**  
(БГЭУ ПК, Гомель)

## **СОЗДАНИЕ ОТЧЕТОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «УПРАВЛЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТОМ»**

В практике управления автомобильными перевозками, всегда стояли задачи эффективного использования автотранспорта. Для успешной работы необходимо осуществлять управление, которое позволит принести максимальную прибыль и обеспечить качественное обслуживание. Степень эффективности управления в значительной мере зависит от использования современных методов автоматизации.

Инструментом для разработки ИС была выбрана технологическая платформа «1С: Предприятие 8.2». Выбор инструмента проектирования обусловлен высокой простотой и скоростью разработки прикладных решений в данной платформе.



Средствами Конфигуратора 1С были определены и сконструированы входные документы. Для получения сводной выходной информации были использованы: регистр сведений «Автомобиль», который хранит основные данные о показаниях спидометра и остатках топлива автомобиля; регистр накопления «АвтоОбороты» для хранения информации об оборотах, происходящих на автомобиле; регистр «Топливо» для хранения информации об оборотах топлива в разрезе типов топлива и водителей.

Для получения сводной выходной информации в системе «1С: Предприятие» используются объекты метаданных – отчеты. Исходные данные, необходимые для отчета, находятся в базе данных. Для того чтобы указать системе компоновки данных полученную информацию, используется язык запросов системы.

Средствами Конфигуратора были сконструированы выходные документы – отчеты: карточка работы автомобиля, журнал учета путевых листов, расход топлива по видам, расход топлива по сотрудникам (рисунок 1).

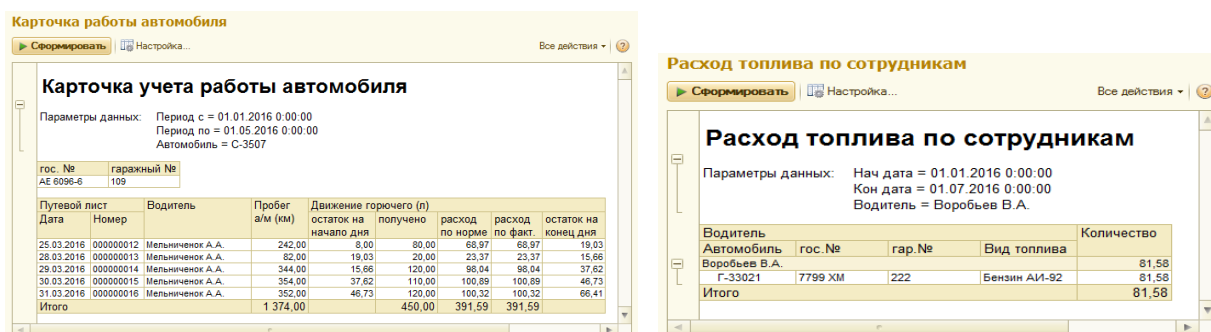


Рисунок 1 – Примеры некоторых отчетов

**Е. А. Дубовская, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

На рынке мобильных приложений, существующем на сегодняшний день, немаловажную роль играет визуальное оформление предлагаемого программного обеспечения. Важность дизайна, как в эффективности использования, так и в эффективности продаж мобильных приложений, неоднократно подчеркивается разработчиками и пользователями.

Создание программ для мобильных устройств, как процесс, характерный для уникального продукта, должно учитывать выполнение ряда требований.

В работе изучен процесс разработки дизайна, соответствующего всем критериям проектирования мобильного приложения с использованием технологий дополненной реальности. Приложение демонстрирует работу гида по музею компьютерной техники УО «ГрГУ им. Янки Купалы». Особенностью разработки является наличие интуитивно понятного интерфейса, быстрая загрузка экранов приложения, запоминающийся логотип продукта. Уделено внимание специфике разработки макетов дизайна для приложений с использованием AR: неприемлемость использования всего размера окна для построения интерфейса, так как основная часть экрана отображает данные с камеры мобильного устройства.

Предложенное решение выполнено на основе Adobe Photoshop Creative Cloud 2015, Adobe Illustrator Creative Cloud 2015 и Paint Tool Sai. Созданный адаптивный макет дизайна обеспечивает мобильное приложение интерфейсом, способствующим эффективности использования всего набора функций продукта. В разработанном макете для демонстрации работы виртуального гида музея отсутствует загромождение окна приложения кнопками и элементами меню, реализовано выпадающее меню для настроек отображения контента и смены языка (русский, белорусский, английский), присутствует функциональная навигация с максимальной площадью окна для полезного пользователю контента.

**Е. Ю. Евлампьев, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ**

В настоящее время остро стоит проблема правильной организации процесса производства, особенно в IT сфере. Требуется некая система, позволяющая управлять проектами и связанными с ними задачами. Это так называемые системы управления временем. В основном такие системы имеют несколько версий, например, мобильные, настольные, и, конечно же сайт, или интернет-приложение. В настоящее время существует широкий выбор, но, большинство этих систем платные. Поэтому принято решение о разработке своей системы. В процессе разработки использовалась платформа .NET.

Разработанное приложение является клиент-серверным и представляет из себя backend сервис, настольный клиент, сайт, мобильная версия.

Такое разделение необходимо для возможности расширения приложения. Вся бизнес-логика заключена в backend части. Windows Communication Foundation (WCF) – программный фреймворк, используемый для обмена данными между приложениями, входящий в состав .NET Framework. Сервисная ориентированность приложения позволяет легко строить приложения-клиенты используя одну и ту же базу. Клиентами могут в дальнейшем стать различные приложения, в том числе разработанные не на платформе .NET.

Пользователи приложения имеют роли: администратор и обычный пользователь. Администраторы могут создавать проекты и задания к ним.

Пользователь имеет личный кабинет, в котором может изменить свои настройки. Приложение поддерживает несколько языков для удобства пользователей. К проекту администратором приглашается пользователь, который может играть роль менеджера проекта. Менеджеры могут осуществлять администрирование определенного проекта: добавлять задания, присоединять к ним пользователей. Пользователи в свою очередь вносят сведения о потраченном времени. В дальнейшем менеджер проекта может оценить объем сделанной работы и составить отчет.

В основном приложение ориентировано на IT сферу, однако может быть использовано и в других отраслях производства.

**А. Д. Зайков, А. М. Кадан**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ**

В настоящее время система управления проектами JIRA является удобным и эффективным инструментом управления проектами для agile-команд IT-компаний. Данная система для коллективной работы в рамках бизнес-процессов IT-компаний позволяет: работать с несколькими проектами одновременно, разбивать проекты на этапы, настраивать любые типы задач, связывать задачи между собой, назначать менеджеров отдельных направлений, настраивать роли и права участников проектов, формировать отчеты.

Основным преимуществом системы JIRA является интеграция с Confluence и хорошо документированное API (application programming interface), которое помогает быстро разрабатывать плагины. Confluence и решения на ее основе идеально подходит для любой IT-компании, стремящейся к прозрачности своего бизнеса и организации тесного информационного взаимодействия со своими клиентами и партнерами.

Для реализации лучших возможностей API (application programming interface) Atlassian и кастомизации продуктов JIRA и Confluence, а также обеспечения безопасного использования системы управления IT-проектами в компании «Экспозит» (г. Гродно, РБ) в работе предложено решение, включающее в себя разработку плагинов и настройку прав доступа. В качестве основного языка для разработки плагинов был выбран язык Java, а для написания скриптов, listeners, scripted custom fields использовался язык Groovy [1, 2].

Предлагаемое решение устанавливает строгое разграничение прав доступа для разных групп пользователей – участников IT-проектов. Преимущество такого подхода состоит в возможности автоматизации разработки для обеспечения безопасного использования системы управления проектами в компании.

### Литература

- 1 Patrick, Li. JIRA 7: Administration Cookbook – Second Edition / Li Patrick. – E-book, 2016. – 264 p.
- 2 Jobin, Kuruvilla. JIRA Development Cookbook / Kuruvilla Jobin. – Packt Publishing Ltd, 2011. – 476 p.

**В. С. Закревская, М. И. Жадан**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **МОДЕЛЬ «AS-IS» ПО МЕТОДОЛОГИИ DFD АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗАКАЗОВ ГОСТИНИЦЫ**

В современном обществе каждая организация стремится минимизировать затраты времени, материальных, трудовых ресурсов в ходе своей деятельности и упростить процесс обработки информации. Эти задачи можно решить с использованием автоматизированных информационных систем. Сегодня гостиничный бизнес – одна из наиболее

перспективных и быстроразвивающихся отраслей, приносящей по всему миру многомиллионные прибыли. Поэтому тема разработки информационной системы «Гостиница» в настоящее время является актуальной, так как гостиничный бизнес активно развивается, разрастаются сети отелей, создавая на рынке конкуренцию. Гостиница оказывает следующие услуги: предоставление номеров, их обслуживание, предоставление дополнительных услуг.

По методологии DFD была разработана модель AS-IS для автоматизированной системы обработки заказов. Для проведения анализа и реорганизации бизнес-процессов предназначено CASE-средство верхнего уровня AllFusion Process Modeler (BPwin), поддерживающее методологии: IDEF0 (функциональная модель); DFD (DataFlow Diagram); IDEF3 (Workflow Diagram). Система работает со следующими внешними сущностями: Клиент, Персонал, Администрация. Также имеются хранилища: БД Клиентов, БД Номеров, БД дополнительных услуг, Отчеты, Прейскурант, Учет финансов (данные о доходах), Журнал заявок и Учет финансов (Данные о прибыли).

Сначала клиент оставляет информацию о себе на сайте, для формирования списка услуг, которые могут быть оказаны в гостинице. Клиент выбирает услуги, после чего производится расчет стоимости услуг, используя прейскурант. По завершению расчетов система оповещает клиента о стоимости услуг, после чего клиент может, как отказаться от услуг, так и согласиться, если его удовлетворяет стоимость услуги и внести предоплату. Далее сотрудники подготавливают номер выбранный клиентом, и обслуживают его в период проживания в гостинице.

Директор СТО получает различные отчеты с информацией, накопленной в хранилищах. По результатам отчетов администрация гостиницы принимает управленческие решения.

**Д. В. Кадач, Н. В. Семенчук**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В РЦПИ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Данное исследование посвящено разработке методов стратегического планирования работы с клиентами и их внедрению в РЦПИ Гродненской области. Проведённый анализ продукта, поставляемого клиенту

Гродненского центра правовой информации показал: продукт не полностью удовлетворяет потребности целевого потребителя; основным мотивом при покупке данного продукта является потребность в информации и невозможность купить полноценный продукт в другом месте; основным конкурентным преимуществом покупаемого продукта является его низкая цена.

Следовательно, система стратегического планирования Гродненского центра правовой информации должна быть направлена, прежде всего, на информировании целевых потребителей о главном конкурентом преимуществе продукта. Для эффективного продвижения продукта Гродненского центра правовой информации предлагается запустить контекстную рекламу и оптимизировать сайт. Для запуска контекстной рекламы необходимо: провести качественный анализ ключевых слов; на разные запросы создавать только одно объявление; для определения достижения поставленных целей необходимо провести настройку целей в Яндекс Метрике [1].

Для SEO оптимизации веб-сайта предприятия предлагается: провести аудит контента; сделать отдельные страницы под запросы: законодательство РБ, нормативно правовое – документы, законы, постановления (запрос + город); ввести дополнительные страницы, которые обеспечат лидирующие позиции в выдаче и по другим городам, что обеспечит рост посещения на сайте.; по всему сайту составить уникальные подписи к картинкам и оформить их как alt тега <img>; постепенно обновить тексты на сайте и закрепить свое авторство за текстами с помощью сервиса Яндекс.Вебмастер [1]. В результате внедрения предлагаемых мероприятий дополнительная прибыль может составить 10 400 р.

## Литература

1 Кадач, Д. В. Разработка системы планирования для центра правовой информации Гродненской области : дипломная работа / Д. В. Кадач. – М. : ГрГУ. – Гродно, 2016. – 68 с.

**Ю. С. Казак, Г. Л. Карасёва**

(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Развитие современного общества обуславливает появление все новых и новых технологий и средств пользования человека. Спектр продвижение наших идей и возможностей каждый день расширяется.

Совсем недавно слова сайт, интернет, сеть, были экзотикой для нас, а сейчас эти понятия крепко вошли в нашу жизнь и уже требуют от нас своего использования. Глобальная сеть развивается быстрыми темпами, вовлекая в себя новые сферы жизнедеятельности человека. Постепенно уходят в прошлое времена, когда люди перелистывали увесистые бумажные справочники в поисках нужной информации.

Создание собственного сайта – значимый шаг компании к расширению границ своего бизнеса. Обычно разработка веб сайта – это создание либо маркетингового инструмента, призванного стимулировать спрос на определенные услуги или продукцию, либо информационного ресурса, призванного донести до целевой аудитории некоторую информацию, либо создание сервисного ресурса, решающего задачи по оказанию определенных услуг заинтересованным посетителям. При этом, следует помнить, что разработка (изготовление) сайта, который сможет качественно выполнить все эти функции, – процесс сложный, требующий высоко профессионального исполнения, иначе сайт превращается всего лишь в набор красивых картинок и гору программных кодов, бесцельно лежащих где-то в Интернет.

Итак, зачем нужен сайт:

- Увеличение продаж. Основная цель такого проекта – получить клиента.
- Снижение расходов. Иногда продажи можно автоматизировать.
- Рекламная площадка. Эти сайты предлагают свои посетителям интересные материалы или полезные сервисы.
- Техническая поддержка. Это дополнительный сервис для ваших клиентов.
- Презентация. Или промо-сайт.
- Исследования.

В качестве практической работы был написан сайт, для предприятия ОАО «Знамя Родины».

**А. Г. Какура, Д. С. Кузьменков**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА VI ОТЧЁТНОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ В СРЕДЕ IBM COGNOS VI**

IBM Cognos VI – это семейство программных продуктов для управления эффективностью бизнеса, в которое входят отдельные решения

для планирования и бюджетирования, бизнес-аналитики и отчетности и финансовой консолидации.

Программное обеспечение для бизнес-аналитики помогает оценивать эффективность работы и принимать правильные бизнес-решения, в то время как инструменты для управления финансовыми показателями – ставить цели и распределять ресурсы для их достижения.

На сегодняшний день более 23 000 компаний и организаций по всему миру являются пользователями решений семейства Cognos в сфере управления эффективностью бизнеса.

Разработанный проект является успешным примером использования таких инструментов IBM Cognos BI, как Query Studio, Report Studio, Event Studio, Metric Studio и Analyzes Studio. Так же использовались Framework Manager и Transformer для работы с моделями данных. Для реализации поставленных целей в перечисленных инструментах использовались языки программирования JavaScript, HTML, CSS, XML и SQL.

Целью разработанного проекта является построение различных видов отчетности не только для анализа данных, но и их визуализации, например, посредством элемента Chart. Так же в созданных отчетах реализованы и другие функции, такие как создание pdf и xml файлов, отправка отчета по почте и т. д.

## Литература

- 1 IBM Cognos Report Studio Version 10.2.1, User Guide – М. : Cognos Incorporated 2013. – 1056 p.
- 2 Flanagan, D. JavaScript: The Definitive Guide, Sixth Edition / D. Flanagan. – М.: О'REILLY, 2011. – 1098 p.
- 3 Никсон, Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript и CSS / Р. Никсон. – М.: Питер, 2013. – 560 с.
- 4 Грофф, Дж.Р. SQL. Полное руководство / Дж.Р. Грофф, П.Н. Вайнберг, Э.Дж. Оппель. – М.: Вильямс, 2015. – 959 с.
- 5 Макфарланд, Д.С. Большая книга CSS3 / Д. С. Макфарланд – М. : Питер, 2016. – 608 с.



**А. В. Кармызов**  
(БГЭУ, Минск)

## **ШАРИНОВАЯ ЭКОНОМИКА КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА**

Современная экономическая реальность обуславливает необходимость появления новых и качественной трансформации существующих моделей, подразумевающих определенную совокупность способов и методов ведения коммерческой деятельности на потребительском рынке. Данные модели целесообразно рассматривать как для микроуровня, так и в масштабе функционирования отдельных рынков, отраслей, а также экономики региона (интеграционного объединения) в целом.

На сегодняшний день актуально построение социально-экономических открытых систем, основанных принципе обмена человеческими и материальными ресурсами и включающих производство, распределение (торговлю) и потребление товаров и услуг физическими и юридическими лицами [1]. Такие системы лежат в основе модели шаринговой экономики (sharing economy, далее – SE).

Простейшая схема построения модели SE предусматривает наличие двух классов ее участников: множества географически распределенных субъектов и сети. Следовательно, аналитическую модель SE можно представить в виде совокупности связей между субъектами, каждый из которых организован согласно определенной модели, посредством сети, которая, в свою очередь, имеет собственную организационную модель. Особенностью модели является то, что субъект может одновременно выступать в ролях потребителя, производителя, кредитно-финансового учреждения, контролера качества, эксперта, рекламного агента, правового регулятора и т.д. Идеальная модель субъекта не предполагает роли посредника. Правила и ограничения деятельности каждого субъекта определяются моделью сети. Это означает, что модель SE требует наличия внешнего регулятора (например, в виде законодательства, определяющего правила функционирования бизнеса в Интернете).

### **Литература**

1 What is the Sharing Economy? The People Who Share [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thepeoplewhoshare.com/blog/what-is-the-sharing-economy>. – Дата доступа: 15.02.2017.

**М. Ю. Князев, В. В. Бондарева**  
(БТЭУ ПК, Гомель)

## **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Современный Веб очень сильно изменился, со дня его появления, Веб-страницы стали более сложными, чем просто текст с изображениями. Сложные Веб-приложения обычно содержат динамическое содержание и элементы пользовательского интерфейса, которые не доступны для некоторых людей с ограниченными возможностями. Большинство людей с ограниченными возможностями используют вспомогательные технологии.

Чтобы воспользоваться возможностью с помощью вспомогательных технологий, таких как программа экранного доступа или любых других, где управление осуществляется с помощью клавиатуры, программа должна понимать семантику содержания. Семантика содержания передаст назначение роли использования, состояния и свойства, которые применяются для пользовательского интерфейса и содержания элемента.

К сожалению, многие современные дизайнерские приемы лишены семантической составляющей, что ограничивает, а в некоторых случаях и блокирует взаимодействие пользователей с ограниченными возможностями с интерфейсом Веб-страницы. Все это становится реализуемым с помощью стандартов WAI-ARIA (Web Accessibility Initiative - Accessible Rich Internet Applications) и WCAG 2.0 [1]. Данные спецификации описывают техники, призванные сделать Веб доступным. Применяя рекомендации, контент страниц возможно сделать доступным для людей с проблемой цветовосприятия, нарушениями опорно-двигательного аппарата, проблемами со зрением и т. д.

### **Литература**

1 Руководство по обеспечению доступности веб-контента (WCAG) 2.0 [Электронный ресурс]: Рекомендации W3C от 11 декабря 2008 г. – Режим доступа: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-ru/>. – Дата доступа: 01.02.2017.

**А. Г. Кондик, Л. Н. Марченко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ДЕНЕЖНЫЕ СБЕРЕЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Изучение сберегательного процесса Республики Беларусь представляет большой интерес поскольку сберегательная активность населения оказывает непосредственное влияние на формирование текущего и будущего спроса и таким образом воздействует на макроэкономическую динамику. На период накопления сберегаемые средства выводятся из обращения (при этом чаще всего меняют свою форму), что приводит к изменению структуры денежной массы, замедляет скорость обращения денег и уменьшает ее инфляционный потенциал. Накопленные сбережения являются важным элементом бюджета, позволяющим совершать крупные покупки, покрывать непредвиденные расходы, поддерживать сложившийся уровень потребления в периоды уменьшения доходов и решать другие задачи.

В работе рассматривались следующие показатели: SAVINGS – сбережения физических лиц в срочных депозитах на 1-е число следующего месяца; RATE – ставка коммерческих банков по вновь привлеченным срочным депозитам физических лиц в национальной валюте в реальном выражении; CPI – индекс потребительских цен; INCOME – денежные доходы населения; INDEX – индекс превышения рублевой доходности новых срочных депозитов физических лиц в валюте над ставкой по вновь привлеченным срочным депозитам физических лиц в национальной валюте.

По статистическим данным с 01.01.2010 по 01.07.2016 национального банка Республики Беларусь [1] проведен анализ рассматриваемых временных рядов на стационарность с помощью теста Дики-Фуллера, результаты которого подтвердили интегрированность первого порядка всех временных рядов. Аналогичный результат получен посредством анализа коррелограмм АКФ и ЧАКФ. Построены модели динамики склонности населения к сбережениям классе моделей ARIMA(p, d, q). Остатки моделей проверены на белый шум с помощью методологии Бокса-Дженкинса. Полученные результаты могут быть использованы для моделирования сбережений физических лиц в срочных депозитах в Республике Беларусь.

## Литература

1 Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nbrb.by/publications/bulletin/>. – Дата доступа: 02.02.2017.

**Е. Р. Константинов, С. Ф. Маслович**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТАТУСОВ ВЫПОЛНЕНИЯ КЛИЕНТСКОГО ЗАКАЗА ДЛЯ CRM-СИСТЕМЫ vTIGER**

vTiger CRM – система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) с открытым кодом (Open Source). Эта программная система CRM нацелена на удовлетворение потребностей малых и средних предприятий, вовлеченных в бизнес типа B2B (business-to-business, или бизнес-бизнес) с длительным циклом продаж. vTiger CRM построен на зарекомендовавшей себя, быстрой и надёжной связке технологий LAMP/WAMP (Linux/Windows, Apache, MySQL, PHP). vTiger CRM используется тысячами предприятий в различных отраслях промышленности.

Целью работы является разработка и внедрение в проект, разработанной по дизайну заказчика, разработка модуля изменения статусов выполнения клиентского заказа для в CRM-системе vTiger.

Разрабатываемый модуль является канбан-доской, которая отображает статус и этап выполнения клиентского заказа. Визуализация с помощью канбан-доски позволяет оценить необходимость обработки потенциального клиента, перенос залежавшегося не срочного проекта на следующий этап, оценка занятости каждого разработчика, так же можно наглядно видеть на каком этапе есть проблема и как её решить.

Разработанный модуль позволяет существенно облегчить планирование и распределение заказов среди разработчиков, а так же отслеживать выполнение каждого проекта на любом этапе разработке, это существенно облегчает работу как для малого так и для большого коллектива.

**П. А. Короткая, Н. Н. Пустовалова**  
(БГТУ, Минск)

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМИ РЕСУРСАМИ**

Современные информационные технологии представляют собой компьютерную обработку информации по заранее отработанным алгоритмам, хранение больших объёмов информации на разных носителях и передачу информации на любые расстояния в предельно минимальное время. Их суть – передача, хранение, обработка и восприятие информации.

Разработанная программа для управления складскими ресурсами, написанная на языке C++, реализует работу со списками и строками в контексте абстрактного списка товаров и/или услуг со включенными характеристиками последних. В программе реализуется ввод и редактирование исходной информации о товарах и покупателях, анализируются различные ситуации с выдачей соответствующих сообщений. Программа может найти широкое практическое применение в области менеджмента и бухгалтерии. Она также имеет некоторые очевидные преимущества среди ей подобных, а именно:

- гибкость кода с возможностью добавления неограниченного числа необходимых товаров/услуг;
- возможность вывода необходимой информации в файл и дальнейшей обработки файла специализированными программами бухгалтерского учета;
- относительная простота интерфейса и, соответственно, легкость в освоении;
- небольшой размер и высокий уровень оптимизации под любую категорию устройств, что важно небольшим предприятиям с маломощным аппаратным обеспечением;
- потенциальная кроссплатформенность в связи с универсальностью основного языка написания программы C++.

Основную целевую аудиторию программы составляют лица и/или организации, так или иначе участвующие в товарно-денежных отношениях в качестве поставщика товаров и/или услуг. Она будет иметь спрос среди юридических лиц, начиная от индивидуальных предпринимателей и заканчивая крупными торговыми организациями, в специализацию которых входит, в том числе, торговля.

**П. А. Марсиков, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ**

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять определенные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем либо частичным участием.

Создано веб-приложение позволяющее автоматизировать процесс учёта текущей информации о студентах математического факультета университета. Само веб-приложение может выступать в качестве клиента других служб, например, базы данных или другого веб-приложения, расположенного на другом сервере.

Пользовательский интерфейс состоит из двух Вкладок. Главная страница и страница загрузки файла. А также содержит окно результата обработки файла, которое будет отображено после обработки документа. Внешний вид страницы формируется при помощи фреймворка Bootstrap.

Главная страница содержит список правил, которые необходимо соблюдать при формировании списка. Файл должен быть сформирован при помощи программы MS Excel. После того как файл будет заполнен в соответствии с описанными выше требованиями его необходимо сохранить в формате CSV. CSV (от англ. Comma-Separated Values – значения, разделённые запятыми) – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных.

Страница загрузки файла содержит интерфейс для загрузки CSV файла. После того как файл будет загружен будет показано окно с результатом обработки файла. Процедура загрузки файла содержит проверку, на случай если будет произведена попытка загрузки пустого файла.

Файл обрабатывается на стороне сервера при помощи алгоритма реализованного на язык программирования PHP. После того как файл будет обработан на экран выведется результат обработки файла.

Данное окно состоит из двух частей: Предварительный просмотр всех полученных документов и форму для выгрузки результата.

Приложение позволяет выполнить экспорт в MS Word в виде отдельных файлов в формате .doc. Экспорт осуществляется при помощи алгоритма реализованного на JavaScript с использованием библиотеки jQuery.

**В. С. Митюков, Н. В. Семенчук**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ «БЕЛСПЕЦМОНТАЖАВТОМАТИКА»**

Целью данной работы является реализовать методы многомерного регрессионного анализа на основе данных ОАО «Белспецмонтажавтоматика». Многомерный регрессионный анализ дает возможность узнать, какие факторы производства оказывают наилучшее влияние или приносят максимальную прибыль, а от каких можно отказаться или заменить их для увеличения дохода.

В связи с этим было разработано приложение средствами Visual Studio C#, позволяющее строить модели множественной регрессии для различных производственных данных, рассчитывать все необходимые показатели для анализа качества построенных моделей и делать на их основе корректные выводы. Работа приложения была проверена на реальных данных для анализа объема выпускаемой продукции, объема денежных поступлений, объема отгружаемой заказчику продукции от различных производственных факторов для организации ОАО «Белспецмонтажавтоматика».

Для построенных регрессионных моделей с помощью разработанного приложения были рассчитаны такие показатели, как коэффициенты регрессии, коэффициенты корреляции, коэффициенты эластичности, коэффициент детерминации, t-статистика, F-критерий Фишера, ошибка аппроксимации и доверительные интервалы, что позволило подтвердить их качество и адекватность. Полученные зависимости в дальнейшем можно использовать для прогнозирования [1]. Также планируется реализовать данную задачу средствами Android Studio, для удобства использования результатов пользователями, так как они смогут проводить соответствующий эконометрический анализ и просматривать его результаты на планшетах и мобильных телефонах.

### **Литература**

1 Орлов, А. И. Эконометрика / А. И. Орлов. – М. : «Экзамен», 2002. – 576 с.

**Д. В. Молокович, К. А. Забродская**  
(БГЭУ, Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ВКЛАДОВ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Проведенный корреляционный анализ банковской статистики Национального банка Республики Беларусь [1] позволил определить высокую тесноту связи между эндогенными (размер процентной ставки по депозитам, курс белорусского рубля к доллару США, индекс инфляции) и экзогенным (привлечение объемов вкладов (депозитов) физических лиц в коммерческих банках) факторами. Коэффициенты корреляции между рассматриваемыми показателями соответственно равны 0,453, -0,331, 0,152. В результате исследования выявлено, что наибольшее влияние на рост вкладов физических лиц в национальной валюте оказывает процентная ставка по депозитам, которая сильно зависит от изменения курса белорусского рубля к доллару США. К депозитам, размещенным в иностранной валюте, эндогенные факторы демонстрируют слабое влияние на объем вкладов физических лиц, что свидетельствует о цели населения – сбережении денежных средств.

Применение инструментальных средств регрессионного анализа в MS Excel позволило определить:

– объем депозитов населения в национальной валюте снижается на 26,5 % при росте уровня инфляции на 1 %; при снижении курса белорусского рубля к доллару США на 1 % – снижение депозитов на 45,8 %; с увеличением средней ставки по депозитам на 1% в национальной валюте – увеличиваются вклады в национальной валюте на 58 %;

– критический курс белорусского рубля, при котором начнется отток валютных вкладов, составил 1,99 руб.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности их применения белорусскими коммерческими банками при разработке политики по привлечению вкладов населения.

### **Литература**

1 Бюллетень банковской статистики [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [www.nbrb.by](http://www.nbrb.by). – Дата доступа: 10.01.2017.



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

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ ФАКУЛЬТЕТА»**

В настоящее время персональные компьютеры используются повсеместно. Они позволяют избавиться от рутинной и кропотливой работы, или, по крайней мере, значительно упрощают ее. Но, не смотря на это, многие из этих задач по-прежнему выполняются вручную, так как для эффективного их выполнения требуются специализированные приложения. Одной из таких задач является процесс составления и ведения расписания занятий в учебном заведении.

При составлении расписания необходимо следить за множеством условий, таких как: доступность аудитории в данный момент времени, наличие свободного времени у преподавателя, отсутствие «форточек» как у преподавателей, так и у учебных групп. Все это, вкупе с объемами данных (множество предметов, групп, аудиторий, преподавателей), выливается для человека, составляющего расписание, в довольно трудоемкий и кропотливый процесс. Однако, для компьютерного приложения, с точки зрения сложности алгоритмической реализации, данная задача является тривиальной: программа легко может сделать выборку свободных групп, аудиторий и преподавателей на указанный момент времени, и подсказать конечному пользователю о возможном появлении конфликтов в расписании, еще до их непосредственного возникновения. Таким образом, пользователю данного приложения нужно будет лишь выбрать необходимые сущности (аудитории, группы и т. д.) из списка доступных записей на указанный момент времени. За корректностью же этих списков следит сама программа.

Описанная выше программа является инструментом, облегчающим процесс составления расписания, берущим на себя кропотливую работу контроля за отсутствием конфликтов в расписании и предоставляющим удобный интерфейс для выполнения данного процесса.

Учитывая полезность, а также из-за отсутствия доступных аналогов ПО данного рода, разработка такого приложения представляется целесообразной.

Программное средство «Расписание» может использоваться в любом учебном заведении, как инструмент построения и вывода на печать расписаний учебных занятий.

**И. В. Мурашкевич, М. В. Кулагина**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФИРМОЙ ПО ПРОДАЖЕ МЕБЕЛИ НА ПЛАТФОРМЕ .NET**

Было разработано приложение, позволяющее полностью управлять делами фирмы по продаже мебели. В нём присутствуют функции добавления нового заказа и полное его обслуживание, система управления персоналом фирмы (добавить нового сотрудника, уволить и т.д.).

Данное приложение создано с использованием следующих языков программирования: C# и SQL. C# относится к семье языков с C – подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, исключения, комментарии в формате XML.

SQL – формальный непроедурный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в произвольной реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных (СУБД). SQL основывается на исчислении кортежей.

Для хранения данных и выдачи их в нужный момент была создана база данных в среде MSSQL Server Management Studio 2008. Главным инструментом SQL Server Management Studio является Object Explorer, который позволяет пользователю просматривать, извлекать объекты сервера, а также полностью ими управлять.

В конечном итоге было разработано приложение для конечного пользователя (фирмы) для управления деятельностью фирмы по продаже мебели.

### **Литература**

- 1 Троелсен, Э. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4.0 / Э. Троелсен. – М. : «Вильямс», 2010. – 1392 с.
- 2 Lerman, J. Programming Entity Framework. 2nd Edition / Julia Lerman. – O'Reilly, 2010. – 920 p.

**Е. В. Невдашенко, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДБОРА КОМАНДЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

Зачастую, найти единомышленников непросто, тем более, если среда человека не способствует этому. В эпоху информационных технологий, когда можно общаться посредством интернета, это сделать намного проще. Но всё же, сделать это самостоятельно, и интуитивно разобраться в личностных чертах собеседников под силу не каждому. Поэтому было разработано программное средство, позволяющее это сделать.

На основе проведенных исследований о характеристиках личностных параметров людей, способах составления групп, а также придания каждому члену группы наиболее подходящей роли, были разработаны программно-алгоритмические средства для подбора коллектива путём оптимизации критерия совместимости по результатам психологического тестирования. Работа посвящена автоматизации разбиения совокупности людей на группы с помощью экспертно-аналитической оптимизации. В отличие от классических методов оптимизации здесь ведущая роль отводится эксперту, подбирающему критерии и их веса на нескольких этапах оптимизации. Определяющим и направляющим фактором принятия решений в процессе оптимизации является интуитивное представление эксперта о естественности и стратегической эффективности результирующей классификации. Без вспомогательной аналитической оптимизации эксперт обычно опирается на два-три ключевых фактора внешнего порядка, а в настоящей работе используется большее число факторов: психологическая совместимость, темперамент, внутренняя мотивация, расположенности или нерасположенности к отдельным лицам, индивидуальный рейтинг групповых специализаций, общая квалификация субъекта и ограничения на численность групп. Принцип поэтапного подключения новых критериев оптимизации помогает эксперту лучше осознать влияние каждого фактора и, как следствие, осуществить более глубокую и всестороннюю интуитивную имитацию возможных внутригрупповых взаимодействий при выборе окончательной классификации субъектов.

**М. Ю. Неживинская, О. В. Атьман, Л. В. Рудикова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ВОСТРЕБОВАННЫХ ВАКАНСИЙ В ИТ-ОТРАСЛИ**

В настоящее время существует большое количество веб-сайтов, основной целью которых является размещение вакансий. На данных сайтах содержится информация о должностных обязанностях, навыках, личных качествах потенциального работника, а также приблизительная заработная плата. Таким образом, создание единой интегрированной системы для анализа специальностей, технологий, зарплат и личных качеств ИТ-сотрудника, поиск интересной работы в ИТ-отрасли является актуальной разработкой. Предлагаемое решение связано с созданием единой системы, которая позволит автоматически осуществлять сбор данных с сайтов, предоставляющую информацию о вакансиях, а затем анализировать полученную информацию. Информация, полученная в процессе анализа, будет представлена в удобном для пользователя виде, а именно, с помощью графиков, таблиц, списков.

Одними из самых популярных ресурсов для поиска работы в Беларуси можно назвать сайт <http://jobs.tut.by>, <https://dev.by>. Вакансии, размещенные здесь, и станут источником исследования. Основная цель разработки – анализ востребованных вакансий по заработной плате, специализации, технологиям и личным качествам ИТ-специалиста.

Системой также предусмотрен просмотр списка вакансий, можно осуществить поиск, по ключевым словам, сортировка, поддерживается возможность подачи объявления поиска сотрудника и, при этом, – автоматическая рассылка его в другие приложения. Главным функционалом разрабатываемой системы станет просмотр статистических данных уже хранящихся в системе, построение таблиц, наглядных графиков для большей наглядности.

Разрабатываемая система будет расширяемая, а это значит, что в последствии можно изучить, каких специалистов требует ИТ-фирма, например, молодой специалист или специалист с опытом работы, опыт работы принимаемого сотрудника, должность и т. д.

Предлагаемая разработка будет полезна людям, которые собираются вступить в ряды работников ИТ-фирм, а также и уже работающим в ИТ-сфере. Данная разработка будет полезна и в сфере образования. Например, данная система будет полезна при подготовке учебной программы программистов в университете.

К. И. Павловская, К. А. Забродская  
(БГЭУ, Минск)

## СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В последние годы в Республике Беларусь формируются национальные приоритеты в сфере развития процессов информатизации и информационного общества, инвестируются значительные средства в развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры (ИКИ). Анализ государственных стратегий и программ позволил сформировать систему показателей развития ИКИ, которые входят в состав авторского индекса развития ИКИ. Аналогов данный индекс, на настоящий момент, не имеет.

*Индекс развития ИКИ* комплексный показатель, характеризующий достижения государства с точки зрения развития ИКИ. Индекс состоит из трех субиндексов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура Индекса развития ИКИ

*Субиндекс «Сетевая доступность»* определяет доступность и открытость информации, охват территории государства доступом к широкополосному интернету.

*Субиндекс «Степень охвата общества информационно-коммуникационными технологиями»* определяет совокупность технических средств, обеспечивающих устойчивую работу и хранение информации, описывать степень внедрения новых информационно-коммуникационных технологий в жизни общества.

*Субиндекс «Информационная безопасность»* определяет уровень защищенности информации обрабатываемой организациями, а так же показывать эффективность выбранных стратегий по защите информации от кибератак.

**Н. С. Погудин, Д. В. Ратобильская**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ**

В последние десятилетия в обществе стремительно развивается новейшая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях. Значимость исследований в данной направленности подтверждается множеством разных применений нейронных сетей. Это автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимирование функционалов, моделирование, разработка экспертных систем, организация ассоциативной памяти и многие другие приложения. С помощью нейронных сетей возможно, к примеру, прогнозировать данные биржевого рынка, осуществлять распознавание оптических либо звуковых сигналов, разрабатывать самообучающиеся системы, умеющие управлять автомобилем при парковке либо синтезировать голос по текстовому файлу.

С сегодняшних позиций однослойный персептрон представляет скорее исторический интерес, однако на его примере могут быть изучены основные понятия и простые алгоритмы обучения нейронных сетей. В качестве демонстрационного средства обучения предлагается представляемая программа-классификатор.

На основе однослойного персептрона как формальной модели представления нейрона разработана нейронная сеть для решения задачи классификации объектов.

Разработанное приложение реализует однослойный персептрон, который определяет, к какому типу относится транспортное средство. В качестве объектов классификации рассматривались: легковой автомобиль; пассажирский транспорт; грузовой транспорт.

В качестве основных характеристик классификации были предложены: снаряженная масса автомобиля; мощность двигателя; вместимость пассажиров; грузоподъемность.

Анализ результатов экспериментов позволил выявить, что после того, как нейронная сеть обучена, мы можем применять ее для решения поставленных задач. Важнейшая особенность нейронной сети состоит в том, что, однажды обучившись определённому процессу, она может верно, действовать и в тех ситуациях, в которых она не бывала в процессе обучения.

**Е. В. Попович, Л. Н. Марченко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АНАЛИЗ ОДНОРОДНОСТИ АКТИВОВ И ПАССИВОВ БАНКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Проверка на однородность экономических показателей является неотъемлемой частью экономического анализа. Она необходима для анализа устойчивости банковской системы. Для оценки однородности активов и пассивов банков Республики Беларусь использовались пять критериев проверки гипотез: критерий о равенстве математических ожиданий при известных дисперсиях, критерий о равенстве математических ожиданий при неизвестных дисперсиях, критерий Тьюки о равенстве средних, F-критерий о равенстве дисперсий нормальных выборок, критерий Бартлетта о равенстве дисперсий нормальных выборок. Данные критерии позволяют выявить, можно ли считать сравниваемые выборочные дисперсии и средние значения выборок оценками одной и той же генеральной дисперсии или генерального математического ожидания, то есть, являются ли сравниваемые дисперсии и средние однородными.

По данным бухгалтерского баланса и отчёта о прибылях и убытках, публикуемых Национальным Банком Республики Беларусь в период с 01.04.2011 г. по 01.01.2016 г, оценены активы и пассивы ОАО «Беларусбанк» с ОАО «Банк БелВЭБ» ОАО «Паритетбанк», ОАО «Белгазпромбанк», ОАО «Белагропромбанк».

На языке C++ было разработано приложение для анализа однородности статистических данных, основанное на критериях проверки гипотез однородности дисперсий и средних значений. Программа позволяет проверить равенство нескольких выборок, или же провести двухвыборочный анализ, для проверки однородности только двух интересующих статистик.

Выявлена однородность темпов активов ОАО «Беларусбанк» с ОАО «Белагропромбанк», ОАО «Паритетбанк», темпов пассивов ОАО «Беларусбанк» с ОАО «Белагропромбанк».

### **Литература**

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

2 Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nbrb.by/publications/bulletin/>. – Дата доступа: 2.02.2017.

**А. Д. Разгуляев, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТОРГОВО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

При нынешней конъюнктуре рынка совершенно невозможно представить себе прибыльное предприятие, которое обходилось бы без информационных технологий. Они обеспечивают информационную целостность бизнеса, создают дополнительные каналы взаимодействия с потребителем, гарантируют верность получаемых данных и создают условия для грамотного управления фирмой.

Прибыльность торгового предприятия обеспечивается количественной возможностью показать товар, что, в свою очередь, благодаря информационным технологиям, обеспечивается качеством интернет-витрины, – будь то интернет-магазин или полноценное веб-приложение. Важно понимать, что интернет-витрина намного эффективнее оффлайн-магазина в контексте затраченных средств, ведь предприятие может разместить сколько угодно товаров на виртуальных площадях, покупатель может заказывать товар в любое время суток и не выходя из дома, что позволяет лишний раз экономить время.

На деле оказывается, что при одном и том же ассортименте продукции, потенциальный покупатель скорее выберет магазин с более приятным дизайном, расширенным функционалом или удобной навигацией, как правило, не беря в обиход небольшую разницу в цене, руководствуясь логикой, что лучше исполненный, а значит и более дорогой сайт принадлежит крупной и ответственной фирме, а значит никаких проблем с приобретаемым товаром не будет.

В связи с этими и другими выводами, основная цель работы – детерминировать посредством анализа факторы, влияющие на покупку, спроектировать и создать веб-приложение, отвечающее современным тенденциям в области надежности программного обеспечения.

Разработанное клиент-серверное веб-приложение с использованием среды разработки JetBrains PhpStorm, базы данных MySQL, языка программирования PHP, языка сценариев JavaScript, шаблона проектирования MVC, может быть использовано для любого производственно-торгового предприятия выбранной сферы деятельности. Верификация разработанного приложения, доступного в Интернете по ссылке <http://windoor.by>, показала его работоспособность и перспективность при использовании в работе торгового-производственного предприятия «Окна и двери».



**Е. М. Решетникова, А. В. Лубочкин**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ DELPHI 7**

База данных – это средство накопления и организации больших массивов информации об объектах некоторой предметной области. БД должна отображать текущие данные о предметной области, накапливать, хранить информацию и предоставлять различным категориям пользователей быстрый доступ к данным [1].

Среда разработки Delphi позволяет разрабатывать клиентские приложения, обеспечивая доступ к информации, хранящейся в ранее созданной базе данных в Microsoft Access. В Delphi разработчику предоставляются широкие возможности создания интерфейса пользователя, а также большой набор стандартных компонентов для создания приложений. Среда Delphi имеет встроенную поддержку языка структурированных запросов (SQL). С помощью Delphi можно разрабатывать как локальные, так и удаленные базы данных. Использование среды разработки Delphi позволяет совместное использование базы данных многими пользователями.

Основная деятельность транспортная компания заключается в организации международных автомобильных перевозок. Для учета транспортного потока разработана база данных. В базе данных фиксируются данные поступающие при оформлении заявки на перевозку груза транспортом, предоставляемым компанией. В базе данных также содержится информация о заказчиках, сотрудниках и их отпусках, также фиксируется информация о транспортных средствах и полуприцепах. Разработанное клиентское приложение позволяет производить все уровни оформление заявки с последующим контролем и фиксацией малейших изменений, что позволит облегчить работу сотрудникам, и получать доступ к информации независимо от сроков ее давности.

Созданное клиентское приложение можно внедрить в транспортную компанию, что приведёт к совершенствованию работы в этой сфере.

### **Литература**

1 Гринченко, Н. Н. Проектирование баз данных. СУБД Microsoft Access : учебное пособие / Н. Н. Гринченко [и др.]. – Учебное изд., 2013. – 240 с.

**А. В. Савченко, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПУТЕВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Повышение эффективности работы предприятия, снижение риска возникновения ошибок – главные задачи любого предприятия. Для достижения этих целей на автотранспортных предприятиях внедряются различные автоматизированные системы. В данном проекте ведется разработка приложения для автоматизации процесса обработки автобусного путевого листа.

Это приложение сейчас внедряется в уже существующую систему обработки документации автобусного парка. На рисунке 1 показана схема взаимодействия нового приложения со структурными единицами предприятия.

Тестирование данного приложения на текущем этапе разработки показывает, что вероятность допущения ошибок при обработке путевого листа заметно снижается. Упрощается учет движения горюче-смазочных материалов и расчет заработной платы водителей.

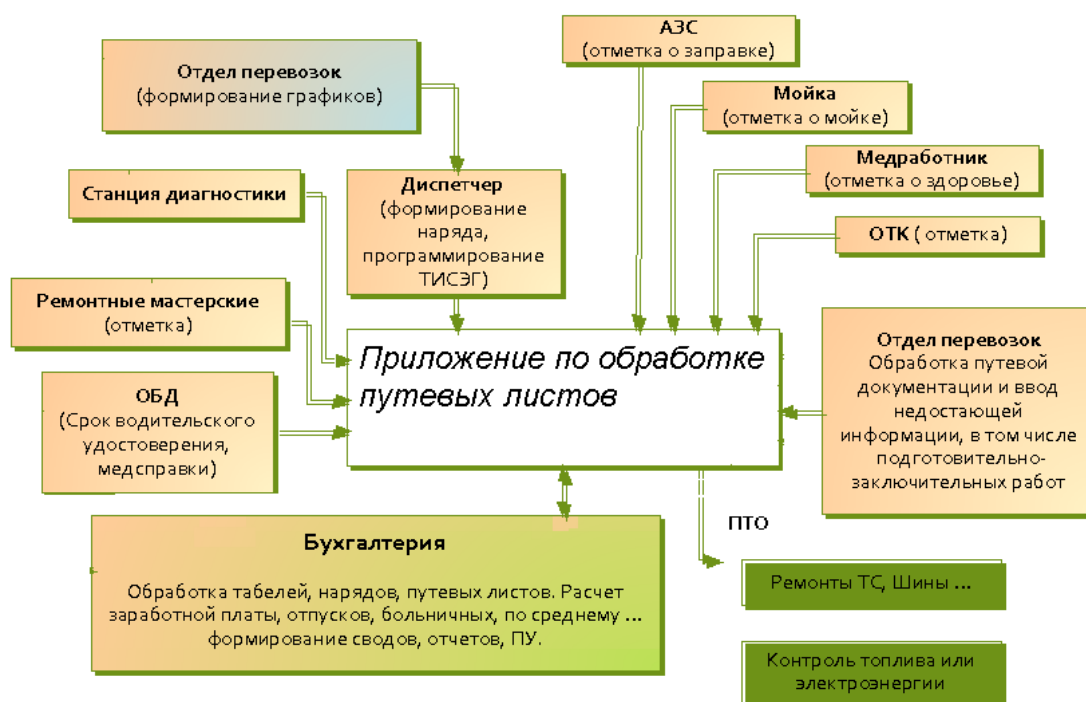


Рисунок 1 – Схема взаимодействия приложения с подразделениями парка

Результаты тестирования показывают, что автоматизация данного процесса экономит время работы оператора.

**С. В. Семенович, С. А. Зайкова**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА КОМПАНИИ**

Главная особенность современного общества заключается в постоянном обмене информацией между всеми его участниками и составляющими элементами. Роль информационных технологий в развитии общества состоит в ускорении процессов получения, распространения и использования обществом новых знаний [1]. Благодаря их ускоренному развитию, современную экономику принято характеризовать не как производство материальных благ, а как создание и распространение информационных продуктов и услуг. Одним из самых главных маркетинговых инструментов бизнеса в настоящее время является создание корпоративного сайта. Другими словами, сайт – это электронное представительство компании. Наличие у компании или фирмы собственного сайта значительно помогает расширить рынок сбыта, увеличить объемы продаж и повысить узнаваемость бренда [2].

Целью работы является разработка и проектирование актуального информационного ресурса для регионального представительства компании и привлечения новых клиентов за счет оптимизации процесса заказа предоставляемых услуг в сфере продаж. Особенностью разработки является наличие системы онлайн-заказов и обратной связи. С помощью каталогов и поисковых систем по ключевым словам потенциальные клиенты ГП «Гроднооблтопливо» Щучинского филиала смогут найти сайт компании, ознакомятся с услугами и условиями взаиморасчетов, затем заказать следующие продукты либо услуги: твердое топливо и грузоперевозки по Республике Беларусь. Предлагаемая в работе реализация интернет-ресурса позволит обеспечить для Щучинского филиала ГП «Гроднооблтопливо» существенное конкурентное преимущество среди предприятий Гродненского региона.

### **Литература**

1 Архипова, З. В. Информационные технологии в экономике: Учеб. пособие / З. В. Архипова, В.А. Пархомов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2003 – 184 с.

2 Титоренко, Г.А. Информационные системы в экономике / Г. А. Титоренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 463 с.

**Ю. С. Сенник, А. Л. Ивашутин**  
(БНТУ, Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ**

Важнейшим условием для эффективного и динамичного развития предприятия является осуществление инвестиционной деятельности. В сложившихся рыночных условиях помимо поиска источников финансирования инвестиционной деятельности перед руководством предприятий встает вопрос оптимальности распределения доступных инвестиционных ресурсов. Например, в холдинговых структурах вариантов для инвестирования может быть много, что приводит к усложнению процесса формирования оптимального инвестиционного портфеля. Поэтому очень важно использовать оптимальные методы решения подобных задач. В данной работе был рассмотрен один из таких методов – динамическое программирование.

Практическое применение динамического программирования для решения задач распределения инвестиций показано на примере холдинговой компании. Для перехода к математической формулировке задачи предварительно был произведен расчет методом полного перебора. В результате было выведено уравнение Беллмана для процедуры обратной прогонки и записано рекуррентное уравнение Беллмана для поставленной в работе задачи.

Для наглядного представления задача решена графическим способом с предварительным вычислением возможных сумм инвестиций в имеющиеся проекты. Также в работе приведено решение задачи с помощью последовательного построения таблиц, содержащих данные о доходах проектов, затратах на них и оптимальные решения для каждой возможной суммы инвестиций. Табличный и графический методы достаточно эффективны, но при условии, что вариантов распределения инвестиций малое количество. В ином случае данные методы решения не только не будут полезны, но и усложнят задачу. Исходя из этого, было принято решение использовать современные программные средства, а именно программный пакет MatLab. Автоматизация решения экономической задачи предусматривает разовый ввод начальных значений переменных, используемых в задаче, запуск модуля автоматического решения и вывод результатов на экран. Для этого был использован один из инструментов системы MatLab – файл сценария или М-файл. Использование программы позволило ускорить процесс поиска оптимального решения и минимизировать вероятность ошибки.

**И. Н. Сидоренко, А. Н. Семенюта**  
(БТЭУ ПК, Гомель)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Под облачными технологиями понимается программно-аппаратное обеспечение, доступное пользователю через Интернет в виде сервиса, позволяющего использовать удобный веб-интерфейс для удаленного доступа к выделенным ресурсам.

ERP-системы представляют собой набор интегрированных приложений, которые позволяют создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций в масштабе предприятия.

Согласно статистике, облачные альтернативы локальным ERP-системам серьезно укрепят позиции, и к 2019 году как минимум 30 % предприятий, занятых в сфере предоставления услуг, переведут большинство своих ERP-приложений в облако [1].

В случае развертывания ERP-решения на серверах предприятия, оно самостоятельно следит за своей инфраструктурой и платформами, отвечает за работоспособность оборудования. Также требуется большое первоначальное денежное вложение на приобретение оборудования ИТ-инфраструктуры.

Облачное же решение подразумевает, что используемые сервисы работают на серверах, расположенных на стороне поставщика, а это освобождает предприятие от лишних проблем с обслуживанием. Для облачных ERP начальные инвестиции, гораздо меньше, поскольку в этом случае не приходится покупать свое оборудование, нужно лишь настроить программное обеспечение и начать с ним работу через Интернет. Обслуживание ИТ-инфраструктуры ложится на плечи поставщика, он следит за функционированием систем и отвечает за сохранность ваших данных. Такой подход позволяет высвободить ресурсы предприятия и направить их на развитие и рост бизнеса.

Системы класса ERP уже не означают многолетних внедрений и сложную инфраструктуру, неподъемную для малых компаний. Использование облачных инфраструктурных решений позволяет без серьезных капитальных вложений начать использовать ERP-систему, что несомненно способствует росту бизнеса.

Облачные технологии и рост популярности аутсорсинга в бизнес-среде оказывают влияние на принимаемые руководителями предприятий решения и уже сейчас облачные ERP-технологии стали одним из самых быстрорастущих сегментов ИТ-индустрии.

### Литература

1 Риз, Д. Облачные вычисления / Д. Риз. – СПб. : БХВ-Петербург, 2015. – 288 с.

**М. А. Силина, Г.Л. Карасева**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **РАЗРАБОТКА ВИ ОТЧЁТНОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ В СРЕДЕ IBM COGNOS BI**

IBM Cognos BI – это семейство программных продуктов для управления эффективностью бизнеса, в которое входят отдельные решения для планирования и бюджетирования, бизнес-аналитики, отчетности и финансовой консолидации.

Благодаря продуктам IBM Cognos производительность компании существенно возрастает, а ее деятельность основана на результатах аналитики. Продукты Cognos для отдельных пользователей, рабочих групп, подразделений, среднего и крупного бизнеса направлены на то, чтобы помочь всем сотрудникам организации принимать решения, которые позволят достичь более высоких бизнес-результатов.

Разработанный проект является успешным примером использования таких инструментов, как IBM Framework Manager, Cognos Transformer, Cognos Query Studio, Report Studio, а также Analyzes Studio и Cognos Mobile. Для создания отчетов были использованы дополнительные сведения, позволяющие улучшить визуальную составляющую и реализовать дополнительные функциональные возможности: экспорт данных в форматах pdf и excel, создание скрываемых секций, удаление названия параметра при фильтрации данных, динамическое добавление и редактирование текста и другое. Также была проведена оценка производительности посредством анализа SQL на стороне модели, отчета и базы данных.

Целью разработанного проекта является построение различных типов отчетов (List, crosstab, chart и dashboard), позволяющих проводить анализ

данных предприятия. На стороне отчетности были использованы следующие языки программирования: SQL, JavaScript, HTML, XML и CSS.

### Литература

1 IBM Cognos Report Studio Version 10.2.1, User Guide. – М.: Cognos Incorporated 2013. – 1056 p.

2 Flanagan, D. JavaScript: The Definitive Guide, Sixth Edition / D. Flanagan. – М. : O'REILLY, 2011. – 1098 p.

3. Грофф, Дж.Р. SQL. Полное руководство / Дж. Р. Грофф, П. Н. Вайнберг, Э. Дж. Оппель. – М. : Вильямс, 2015. – 959 с.

**А. А. Силюк, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

### **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ**

Предлагаемое программное средство позволяет автоматизировать и упростить процесс составления расписания, а также исключить из этого процесса бумажные носители. Все это значительно экономит время диспетчерской, а также значительно упрощает информирование преподавателей и студентов об изменениях в текущем графике учебного процесса. Преподавателям и студентам предоставляется возможность указывать на неточности и ошибки в составленном графике, что значительно повышает качество получаемого расписания, а также позволяет всем участникам процесса внести свой вклад в общее дело.

Приложение для отображения расписания запрашивает данные у веб-приложения и получает ответ в формате JSON. Ответ содержит в себе данные для пяти или шести дней. В каждом из дней содержатся занятия, проходящие в этот день, с указанием номера недели, к которой эти занятия относятся. Приложение сохраняет все эти данные в отдельные таблицы реляционной базы данных CoreData для удобства последующего доступа к ним. CoreData предоставляет удобный инструмент получения данных NSFetchRequest, этот объект представляет собой SQL запрос, который будет выполнен в базе данных, это позволяет получить расписание как на конкретный день, так и на определенную неделю.

Приложение для создания расписания предоставляет простой интерфейс для облегчения процесса составления расписания. Данные в формате JSON передаются на сервер.

Было разработано два приложения для iOS; одно для создания расписание, другое для его отображения и один веб-сервер для хранения и синхронизации расписаний. Мобильные приложения были выполнены на языке программирования Swift в IDE Xcode.

Разработанное приложение позволит в удобной и интуитивно понятной форме управлять составлением расписаний, а также планировать проведение всевозможных мероприятий, которые предполагают использование аудиторий, либо оборудования, которое в них располагается.

Тестирование клиентского приложения позволяет утверждать, что оно является более удобным способом просмотра расписания нежели веб-страница или бумажная копия.

**А. С. Скидан, С. Ф. Маслович**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ РЕКЛАМНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕДИЙНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

В современном мире размещение рекламы все чаще находит себя на электронных баннерах в виде дисплеев (это может быть монитор, телевизор, телефон и т. д.). Для эффективного управления рекламой в настоящее время используется технология Digital Signage – технология представления информации с электронных (цифровых) носителей (дисплеев, проекционных систем и т. д.), установленных в общественных местах. В основном применяется для распространения рекламы. Рекламные сообщения, распространяемые посредством digital signage, как правило, имеют целью достижение целевой аудитории в нужном для контакта месте и в нужное время.

Разрабатываемая система управления расписанием отображения рекламных сообщений должна уметь взаимодействовать с платформой Xibo и интегрироваться. Проект представляет собой клиент-серверное приложение разработанное при использовании NodeJs и фреймворка Express.



Система должна реализовывать поддержку наиболее популярных форматов медиаданных и иметь библиотеку для загружаемого контента.

Для компоновки контента планируется разработать редактор макетов, которые в свою очередь состоят из отдельных регионов, наполненные необходимым контентом.

Для закрепления макета за определенными устройствами необходимо разработать менеджер устройств, который должен иметь возможность подключения новых устройств, или подключение к существующим.

Важной составляющей системы является планировщик, который занимается непосредственно выдачей макета на указанное устройство в заданное время.

**Ю. А. Слепенко, Н. Б. Осипенко**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПОДБОР НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩИХ ЧЕЛОВЕКУ СФЕР ДЕЯТЕЛЬНОСТЕЙ И ПРОФЕССИЙ**

В связи с накоплением благодаря Интернету и современному диагностическому инструментарию огромного объема данных о людях возникла настоятельная потребность в их систематизации и практическом использовании, а также в осмыслении возникших при этом проблем. Работа ориентирована на задачу повсеместного распространения принципа индивидуального подхода и необходимости ускорить этот процесс с помощью специализированных интернет-площадок для поиска наиболее подходящих друг другу людей и/или социальных субъектов. Основные положения конкретизированы на примере выбора профессий и рабочих мест.

Ведущая идея в области автоматизации прогнозов при стратегическом выборе – отказаться от практически не интерпретируемого функционального черного ящика между исходными данными и выходными типами (классами, уровнями и т.п.), а построить априорную структуру из символических составляющих абстрактного живого существа, наделенных своими обобщенными смыслами (семантикой). В основание подхода положен базовый теоретический фрактал со своей аксиоматикой. Через него идет соотнесение всех фракталов (больших и маленьких со всех диагностируемых уровней) друг с другом. Предполагается, что разнообразие типов людей или социальных субъектов держится на пе-

пераспределении внимания в пользу тех или иных составляющих фрактала. Применительно к задаче прогноза профессий в качестве базового теоретического фрактала используется структура в виде таблицы размерности 7\*5 с описанием качеств человека по 35-ти видам рабочих деятельностей и одной управляющей, а также систематизация сфер человеческой деятельности в виде 18 классов.

Разработанное клиент-серверное веб-приложение с использованием среды разработки JetBrains PhpStorm, базы данных MySQL, языка программирования PHP, шаблона проектирования MVC и веб-фреймворка общего назначения Yii 2 может быть использовано для автоматизации выбора сферы деятельности и профессии. Верификация разработанного приложения, доступного в Интернете по ссылке <https://psychoanalysis.000webhostapp.com/web/site/kvadrat>, показала его работоспособность и перспективность.

**К. С. Трейтьяк, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА ТОВАРОВ**

Информация в современном мире превратилась в один из наиболее важных ресурсов, а информационные системы стали необходимым инструментом практически во всех сферах деятельности. Информационная система – это программный комплекс, функции которого состоят в поддержке надежного хранения информации в памяти компьютера, выполнении специфических для данного приложения преобразований информации и вычислений, предоставления для пользователя удобного и легко осваиваемого интерфейса. Разнообразие задач, решаемых с помощью информационных систем, привело к появлению множества разнотипных систем, отличающихся принципами построения и заложенными в них правилами обработки информации.

Достаточно актуальная экономическая тема современности это автоматизированные системы управления торговыми предприятиями. Автоматизированное управление – это важнейшая функция, без которой немислима современная целенаправленная деятельность любой социально-экономической, организационно-производственной системы. АСУ представляет собой интеллектуальную систему, предназначенную для увеличения темпов и качества регулярного решения основных задач

управления и производственно-хозяйственной деятельности предприятия на основе оптимизации методов организации информационного цикла с использованием экономико-математических методов и вычислительной техники, автоматизированного сбора и интегрированной обработки организационно-производственной и технико-экономической информации, а также комплексной автоматизации функций управления.

Основное преимущество АСУ перед «ручными» методами управления состоит в том, что для принятия необходимых решений управленческому персоналу предоставляется более полная, своевременная и достоверная информация в удобной для восприятия форме. АСУ осуществляет автоматизированный сбор и обработку информации, хранение ее в памяти ЭВМ, использование нормативно-справочной, исходной, промежуточной и выходной информации. Использование систем поддержки принятия решений, экспертных систем, систем автоматизированного проектирования дает возможность получать новую информацию.

**Е. А. Трушкова, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ «ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ БЕЛАРУСИ» В СРЕДЕ C++ BUILDER С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БД ACCESS**

Республика Беларусь богата достопримечательностями. Среди них немало природных чудес, замков и родовых усадеб. Сервис для туристов в Беларуси пока не очень развит. Не хватает удобных маршрутов, различной туристической инфраструктуры. Но все эти недостатки компенсирует уникальность тех мест, которые можно посетить в нашей гостеприимной стране. Вся информация о достопримечательностях, конечно есть в интернете, что уже является удобным. Однако скомпоновав информацию и исключив лишнее можно за очень короткий срок времени ознакомиться с выбранной местностью Беларуси. В приложении достопримечательности разделены по областям, в каждой выбраны самые интересные. Для каждого места есть описание и по 3 фотографии, чтобы заинтересовать пользователя поехать туда и посмотреть на это место своими глазами. Также указаны дни и время работы музеев, дворцов, парков и т. д.

Работа посвящена разработке приложения «Достопримечательности Беларуси» с использованием языка программирования C++, БД

MicrosoftAccess в среде Builder 6 с помощью технологии ADO.

C++ Builder – программный продукт, инструмент быстрой разработки приложений (RAD), интегрированная среда программирования (IDE), система, используемая программистами для разработки программного обеспечения на языке программирования C++.

Язык C++ – компилируемый, статически типизированный язык программирования общего назначения. C++ сочетает свойства как высокоуровневых, так и низкоуровневых языков. Область его применения включает создание операционных систем, разнообразных прикладных программ, драйверов устройств, приложений для встраиваемых систем, высокопроизводительных серверов, а также развлекательных приложений (игр).

MicrosoftAccess – реляционная система управления базами данных (СУБД) корпорации Microsoft. Входит в состав пакета MicrosoftOffice. Имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных.

Технология MicrosoftActiveXDataObjects (ADO) представляет собой универсальный механизм доступа к различным источникам данных из приложений баз данных.

**А. А. Фокин, А. К. Синюкович, Ю. М. Вувуникян**  
(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

## **СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «SHOPPING LIST» НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID**

Приложение «SHOPPING LIST» – мобильное приложение, основной функционал которого заключается в возможности составления списка покупок двумя способами: заполнение вручную и при помощи сканирования ценника в магазине.

Рассматриваемое приложение разрабатывалось в Android Studio – интегрированной среде разработки для работы с платформой Android. Были использованы такие сторонние библиотеки, как Tesseract OCR (распознавание символов), OpenCV (нахождение области распознавания). Для хранения информации использовалась СУБД SQLite, так как SQLite доступен на любом Android-устройстве и его не нужно устанавливать отдельно.

Ручное заполнение возможно при помощи клавиатуры или путём выбора ранее добавленного продукта из базы данных. Для создания

списка покупок необходимо указать название списка покупок, название товаров и их цены.

Заполнение при помощи сканирования ценника в магазине осуществляется при помощи встроенной камеры смартфона. Для этого необходимо просто навести камеру устройства на ценник и нажать клавишу «scan». Приложение автоматически занесёт в базу данных информацию о наименовании и стоимости товара.

Приложение имеет простой и интуитивно понятный любому пользователю UI (графический интерфейс). Это сделано для того, чтобы каждый пользователь приложения не имел затруднений в процессе использования приложения.

Разработана также функция контроля. Суть её в том, что пользователю предоставляется отчёт, в котором показаны затраты за неделю, месяц, год. Данная функция помогает анализировать различные бюджеты.

**А. Н. Цябус, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-САЙТА НА CMS WORDPRESS ДЛЯ РАБОТЫ С ФОТО-РЕФЕРЕНСАМИ**

Одним из способов отображения информации являются иллюстрации и инфографика. Для людей, деятельность которых связана с изобразительным искусством либо интерфейсами, не так много грамотно разработанных ресурсов, которые позволяют тренировать навыки в исполнении различных художественных стилей, понимании и запоминании анатомии и структуры, и в то же время охватывающих множество жанров и стилистик.

Был разработан веб-ресурс для работы с фотореференсами. Техническая реализация основана на CMS Wordpress, популярной системе для управления содержимым сайта. Данная платформа имеет открытый исходный код и позволяет создавать как блоги, так и сложные, масштабные ресурсы. Основными используемыми языками программирования являются: Javascript, CSS и PHP.

Такой ресурс представляет собой базу контента, распределенного по различным категориям. Пользователь выбирает интересующую его тематику, после чего может осуществить тонкую настройку и задать необходимые параметры выдачи изображений. В том числе задается

различная скорость смены изображений. Таким образом, можно совершенствовать необходимый навык как используя технику набросков, так и более детализированное иллюстрирование.

Главная страница сайта содержит четыре пункта меню: «Практика»; «Галерея»; «Блог»; «О нас».

Пункт «Практика» является начальным, т. е. по сути будет являться главной страницей сайта. Пользователю предоставляются варианты настроек для работы с изображениями.

Следующий пункт меню – «Галерея». Данная страница представляет собой сетку из всех доступных изображений, которые так же можно сортировать по стилям и категориям.

Далее следует пункт меню «Блог». В нем в виде блоков отображаются статьи, которые могут оповещать пользователя о заметках, обновлениях и прочих изменениях на сайте. Пользователи в свою очередь могут делиться своим мнением и оставлять комментарии.

Заключительный пункт – «О нас». В нем содержится краткая информация о сайте и форма обратной связи для пользователей.

**О. А. Чекун, И. Л. Ковалева**  
(БНТУ, Минск)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SWOT-АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА**

Выбор поставщика является многокритериальной проблемой принятия решений. Одним из методов определения поставщика является SWOT-анализ, позволяющий выделить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы каждого из поставщиков и выбрать наиболее надежного из них. Чаще всего SWOT-анализ выполняется вручную, в данной работе было разработано приложение для проведения SWOT-анализа.

Приложение для SWOT-анализа было внедрено в уже существующую автоматизированную систему закупок предприятия. Система закупок была реализована с помощью технологий SAP HANA, SAP UI5 и язык программирования ABAP. Данные технологии использовались и при разработке приложения. Архитектура приложения показана на рисунке 1.

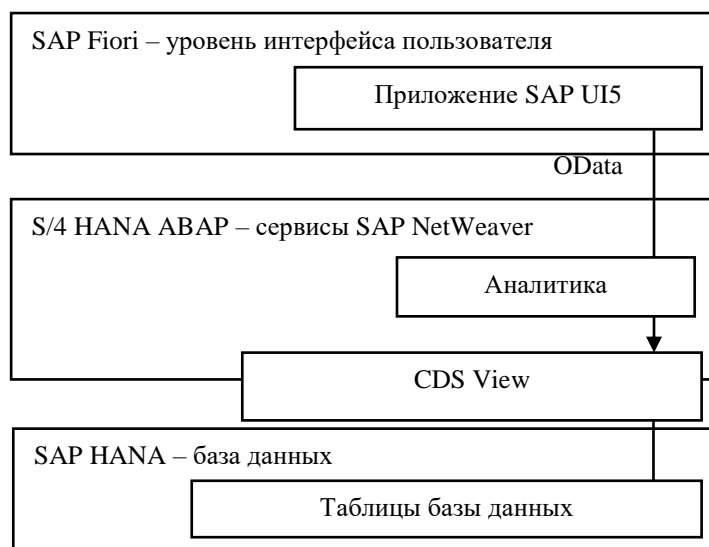


Рисунок 1 – Архитектура разработанного приложения

Разработанное приложение было добавлено в Fiori Launchpad – платформу для интеграции всех бизнес-приложений предприятия.

Тестирование разработанного приложения показывает, что SWOT-анализ является эффективным методом выбора поставщика в условиях конкурентного рынка. Также результаты тестирования подтверждают, что автоматизация данного процесса экономит время и человеческие ресурсы, а проведение вычислений на уровне базы данных увеличивает скорость расчетов.

**И. О. Шереметов, Г. Л. Карасёва**  
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

### **СОЗДАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА ПО УЧЕТУ И ПЛАНИРОВАНИЮ ЛИЧНОГО И СЕМЕЙНОГО БЮДЖЕТА**

Информационные технологии проникают во все сферы жизнедеятельности человека. Одна из таких сфер учет и планирование бюджета. Цель составления семейного бюджета – контроль над финансовым положением семьи, достижение поставленных финансовых целей, уменьшение незапланированных и ненужных расходов, осознанное планирование будущих покупок, формирование внутренней финансовой дисциплины. Основная задача при составлении бюджета семьи – правильно

распределить ожидаемые доходы за будущий период по различным расходным статьям.

Решить данную проблему поможет детальный учет семейных финансов, а это значит – планирование и последующее соблюдение семейного бюджета. Семейный бюджет – это разница между всеми доходами и расходами семьи. В простейшем варианте – это финансовый план, который представляет собой список статей доходов и расходов.

Основная задача при составлении бюджета семьи – правильно распределить ожидаемые доходы за будущий период по различным расходным статьям: обязательные счета и расходы, продукты, одежда, транспорт, развлечения, инвестиции и т. п. Цель составления семейного бюджета – контроль над финансовым положением семьи, достижение поставленных финансовых целей (квартира, машина, образование детей, пенсия, отдых), уменьшение незапланированных и ненужных расходов, осознанное планирование будущих покупок, формирование внутренней финансовой дисциплины.

Из наиболее известных приложений домашней бухгалтерии можно выделить «Домашняя бухгалтерия», «Домашние финансы – бухгалтерия для дома», «Family», «AceMoney», «Учет наличных» и другие. Программы по учету личных финансов можно скачать в Интернете в виде standalone-приложения для рабочей станции, установить на смартфон как мобильное приложение, или же использовать в виде веб-сервиса. К сожалению, часто их функционал бывает, ограничен слишком узким набором функций, либо напротив – перегружен избыточными функциями, либо же не предоставляется в требуемом виде.

Было создано новое приложение с учетом недостатков рассмотренных приложений и использованием современных технологий, предоставляемых Java-платформой.



## СОДЕРЖАНИЕ

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

#### ***Дифференциальные уравнения, математический анализ и численные методы***

<i>Абучина Л. С., Карасёва Г. Л.</i> Оптимизация динамической системы в классе многомерных управлений.....	3
<i>Абучина Л. С., Максименко А. С.</i> Дискретная задача оптимального управления с фазовыми ограничениями как задача ЛП .....	4
<i>Алёшин Н. А., Карасёва Г. Л.</i> Формула приращения критерия качества задачи оптимального управления с негладким критерием качества.....	5
<i>Банюкевич Е. В., Вувуникян Ю. М.</i> Асимптотическое свойство вейвлет-преобразования для случая, когда параметр растяжения стремится к нулю .....	6
<i>Белокурский М.С., Деменчук А.К.</i> Периодическая отражающая функция квазипериодической линейной неоднородной дифференциальной системы .....	7
<i>Беляцкий Р. В., Паноцкая Е. И., Рябушко А. П., Юринок В. И.</i> Математическая модель движения трех тел при учете светового давления в небесной механике .....	8
<i>Воронич О. И., Смотрицкий К. А.</i> Свойства интерполяционных процессов с заранее фиксированными узлами .....	9
<i>Зеленая А. С., Леоненко Д. В.</i> Постановка задачи об изгибе прямоугольной трехслойной пластины со сжимаемым заполнителем....	10
<i>Казлоўская Н. Ю., Роўба Я. А.</i> Аб набліжэнні функцыі $ \sin x $ рацыянальнымі апэратарамі ФЭЕРА .....	12
<i>Кечко Е. П., Старовойтов А. П.</i> Асимптотика диагональных многочленов Эрмита – Паде .....	13
<i>Ковалева И. С., Миротин А. Р.</i> Обобщенный оператор Маркова – Стилтъяса в пространствах Харди.....	14
<i>Ковалевская Е. В., Пекарский А. А.</i> Построение произведений Бляшке относительно специальных весов .....	15
<i>Костецкий Г. И., Кузьменков Д. С.</i> Решение простой кусочно-линейной задачи на минимакс адаптивным методом .....	16
<i>Кузьмина Е. В., Грицук Е. В.</i> Резонансный многочлен уравнений обобщенной иерархии уравнения Риккати .....	17

<i>Кулагина М. В.</i> Исследование методов определения деформации зубьев эвольвентных зубчатых колес .....	18
<i>Максименко А. С., Карасёва Г. Л.</i> Специальная задача оптимального управления как задача ЛП.....	19
<i>Медведева В. Ю., Ровба Е. А.</i> Приближение функции $\sqrt{1-x^2}$ рядами Фурье по многочленам чебышева второго рода .....	20
<i>Островская А. В., Пронько В. А.</i> Аналитические свойства решений системы двух дифференциальных уравнений с рациональными правыми частями .....	21
<i>Поливко В. И., Смотрицкий К. А.</i> Некоторые функции полиномиальных и рациональных рядов фурье.....	22
<i>Путьто А. В., Смотрицкий К. А.</i> Интерполяционные рациональные квадратурные формулы.....	23
<i>Сидорцов М. В., Дранеза А. А.</i> Аппроксимации Эрмита – Паде вырожденных гипергеометрических функций .....	25
<i>Синиченко Д. Ю.</i> об интегрально-разностных уравнениях на полуоси .....	26
<i>Шейко Н. А., Ровба Е. А.</i> Оценка приближения функций .....	27

***Теория вероятностей и математическая статистика,  
теория массового обслуживания***

<i>Алейникова В. Г., Галицкая А. О., Матальцкий М. А.</i> Исследование открытой сети обслуживания с ограниченным числом заявок и случайным временем ожидания их в очередях.....	29
<i>Дудко С. А., Матальцкий М. А.</i> Асимптотический анализ и оптимизация марковской сети МО с однотипными заявками и её применение .....	30
<i>Копать Д. Я., Матальцкий М. А.</i> Анализ G-сети со случайным временем ожидания положительных и отрицательных заявок и доходами .....	31
<i>Рудькова Т. С., Ехилевский С. Г.</i> Схема Бернулли как случайный процесс .....	32
<i>Синиченко К. М.</i> Однородность тестовых заданий по теме «Текстовые задачи на движение по воде» .....	33
<i>Смольский Д. А., Санько А. А.</i> Анализ эффективности методов прогнозирования технического состояния турбокомпрессора газотурбинного двигателя .....	34

<i>Чабан А. В., Маталыцкий М. А.</i> Применение НМ-сетей при решении задачи оптимизации распределения товаров по пунктам реализации .....	35
<i>Шестовицкий А. А., Маталыцкий М. А.</i> Оптимизация вероятностной модели функционирования оздоровительного учреждения .....	36

### *Алгебра и геометрия*

<i>Hydyrov D. M., Vasil'ev A. F.</i> On finite groups with X-abnormal supersoluble subgroups of pairwise relatively prime indices.....	38
<i>Murashka V. I.</i> A note on the WU-hypercenter of a finite group .....	39
<i>Артюшеня Т. А., Трофимук А. А.</i> О разрешимых группах с ограниченными индексами Р-субнормальных подгрупп в своих нормальных замыканиях .....	40
<i>Балычев С. В., Васильев А. Ф.</i> О конечных группах факторизуемых попарно перестановочными расширенно сверхразрешимыми подгруппами.....	41
<i>Войтович С. Н., Козлов О. А., Селькин В. М.</i> О минимальных наследственных $\omega$ -локальных не $p$ -нильпотентных формаций ..	42
<i>Зубей Е. В., Монахов В. С.</i> О рангах групп Шмидта малых порядков .....	44
<i>Козлов О. А., Поздняков А. С., Селькин В. М.</i> Однозначность разложения ограниченной наследственной разрешимо $\omega$ -насыщенной формации на неразложимые множители .....	45
<i>Коледа М. С., Монахов В. С.</i> Выбор нейросетевой модели для решения задачи исключающего «ИЛИ» .....	47
<i>Мельченко А. Г., Васильев А. Ф.</i> Обобщенно нормальные нечеткие подгруппы конечных групп .....	48
<i>Моисеева В. С., Метлицкий А. Н.</i> Матричные представления евклидовой плоскости .....	49
<i>Парфенков К. Л., Васильев А. Ф.</i> Конечные группы с тремя сверхразрешимыми подгруппами .....	50
<i>Парченкова В. В., Романовский Ю. Я.</i> Кинематика замечательных точек треугольника.....	51
<i>Писпанен В. Е., Поздняков А. С., Васильев А. Ф.</i> Теория групп в криптографии.....	52
<i>Поздняков А. С., Войтович С. Н., Селькин В. М.</i> Описание минимальных $\omega$ -локальных не Н-формаций.....	53

<i>Синица Д. А., Скиба А. Н.</i> Конечные группы с $H_\sigma$ -перестановочно вложенными подгруппами .....	54
<i>Соболь И. А., Скиба А. Н.</i> Обобщенно перестановочные подгруппы конечных групп .....	55
<i>Сохор И. Л.</i> Формационно субнормальные свойства силовских подгрупп разрешимых групп .....	56
<i>Фурс А. К., Васильев А. Ф.</i> Применение нечеткой алгебры и нечеткой логики при сравнительном анализе сайтов университетов.....	57

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

### *Математическое моделирование*

<i>Акулов А. О., Кункевич Д. П.</i> Моделирование ячеистых структур послойного синтеза в системах инженерного анализа .....	59
<i>Альхимович М. А., Гацкевич Е. И.</i> Моделирование оптических свойств тонкопленочных покрытий .....	60
<i>Бокий М. Ю., Можаровский В. В.</i> Основные концепции расчета трибологических характеристик контакта со слоистым покрытием.	61
<i>Бондарева Ю. Д.</i> Компьютерная оптимизация конструкции РИТ-сваи .....	62
<i>Будыко А. О., Лубочкин А. В.</i> Демпфирование нелинейной модели маятника при больших начальных возмущениях с минимальной интенсивностью .....	63
<i>Быховская А. А., Лубочкин А. В.</i> Решение задачи регулирования оптимальными управлениями линейно-негладких задач с ограничениями.....	65
<i>Вейсага Г., Матыс В. Г.</i> Моделирование поляризационных кривых коррозии цинка в нейтральной среде .....	66
<i>Габец С. А., Бушкевич И. А., Седышев С. Ю.</i> Модель флуктуаций последовательности отраженных сигналов при произвольных корреляционных характеристиках цели .....	67
<i>Геврасёв А. В., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование осадки коробчатого фундамента на нелинейно-деформируемом грунтовом основании.....	68
<i>Головнич А. К.</i> Возможности 3D-модели технической системы с реконструкцией физических процессов.....	69

<i>Дашук А. В., Лубочкин А. В.</i> Демпфирование нелинейного маятника оптимальными управлениями кусочно-линейно-негладких задач.....	70
<i>Жук А. А., Булойчик В. М.</i> Нейронная сеть для задачи аппроксимации экспериментальных данных.....	72
<i>Кабат В. Ю., Комракова Е. В.</i> Численный анализ напряженно-деформированного состояния звезды цепной передачи с отверстиями во время ее работы.....	73
<i>Кабурнеев П. С., Лубочкин А. В.</i> Применение управлений минимальной интенсивности для осуществления заданных движений динамических систем.....	74
<i>Казаков В. С., Комракова Е. В.</i> Численный анализ напряженно-деформированного состояния литого диска колеса автомобиля во время движения.....	75
<i>Комракова Е. В., Курочка К. С.</i> Изгиб тонкой круглой пластины из ортотропного материала с учетом эффекта термоупругости....	76
<i>Космачёв А. Н., Комракова Е. В.</i> Определерние размеров шатуна двигателя внутреннего сгорания с ребром жесткости.....	77
<i>Кравченя Ю. В., Шило О. В., Кункевич Д. П.</i> Моделирование компактирования порошков.....	78
<i>Кузьмичёв Н. К., Чигирь И. В., Горшков С. А.</i> Моделирование сложных помеховых ситуаций.....	79
<i>Кумашов Р. В., Семенюк С. Д.</i> Статический анализ НДС плиты на упругом основании моделированием в ПК «ЛИРА».....	80
<i>Лазарь В. О.</i> Эволюционное программирование: разработка генетических алгоритмов для задач оптимизации.....	82
<i>Масан Ю. М., Осипов Н. В., Быховцев В. Е.</i> Математическое моделирование уплотнения грунтового основания рит-свай.....	83
<i>Мережа И. В., Лубочкин А. В.</i> Применение оптимальных обратных связей линейно-квадратичных задач для решения задачи регулирования.....	83
<i>Минина П. Д., Летунович Ю. Е.</i> Моделирование поведения потребителя при заданной полезности.....	84
<i>Разгон А. И., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование влияния геометрических размеров равновеликих по объему цилиндрических свай на их осадку в нелинейно-деформируемом грунтовом основании.....	85
<i>Сафаров Р. Ф., Ланин В. Л.</i> Моделирование термомеханических напряжений в металлокерамических узлах.....	86

<i>Свинарский М. В., Храменков А. С., Ярмолик С. Н.</i> Учет гипотезы о продолжении наблюдения при расчете показателей качества последовательного распознавания объектов.....	87
<i>Свириденко А. А., Филиппович Г. А.</i> Метод синтеза по Дарлингтону для цепей с распределенными параметрами.....	89
<i>Селеня Г. С., Кочетков Р. В., Лившиц Ю. Е.</i> Проектирование манипулятора. применение пакета SIMULINK/MATLAB .....	90
<i>Сивая К. О., Быховцев В. Е.</i> Компьютерное моделирование влияния неоднородного грунтового основания на конфигурацию и осадку одиночной сваи .....	91
<i>Сигаи Е. А., Босаков С. В.</i> Расчет фундаментных плит на стадии эксплуатации.....	92
<i>Слесаренко К. И., Жадан М. И.</i> Математическое моделирование параметров надежности и электропотребления.....	93
<i>Ткачук С. В., Борушко В. В., Гладковский В. И.</i> Моделирование процесса замерзания воды с помощью среды моделирования COMSOL MULTIPHYSICS .....	94
<i>Трубенко Д. Н., Курочка К. С.</i> Формирование трехмерной конечно-элементной модели объектов произвольной формы .....	95
<i>Урбанович А. И., Мисюк В. Р.</i> Автоматизированная система управления складом.....	96
<i>Чигирь И. В., Кузьмичев Н. К., Горшков С. А.</i> Анализ эффективности критериев обнаружения уводящих помех по дальности и скорости при их согласованном применении .....	97
<i>Шамына А. А., Капшай В. Н.</i> Генерация суммарной частоты от боковой поверхности цилиндра малых размеров.....	98
<i>Шах А. В., Китурко О. М.</i> Комбинированный метод выбора логистического поставщика ресурсов .....	99
<i>Шедко А. В., Головкин Н. В., Зеленковская Н. В.</i> Экономико-математическая модель оптимизации ассортимента продукции промышленного предприятия.....	101
<i>Шундрик А. Ю., Косарева Е. В.</i> Применение сетевых моделей в переходном режиме при оптимизации процесса обслуживания транспорта в ПТО .....	102
<i>Ярмалкевич В. И., Берикбаев В. М.</i> Аналитическая модель функционирования сложной организационной системы.....	103
<i>Яцино С. Л., Комракова Е. В.</i> Программное средство для распознавания рукописных символов с помощью нейронной сети.....	104

## *Имитационное моделирование*

<i>Абрамов Е. С., Сукач Е. И.</i> Вероятностно-алгебраическое моделирование потоковых систем большой размерности.....	106
<i>Акулич И. П., Акулич С. В., Булойчик В. М.</i> Эффективность решения, рекомендованного системой поддержки принятия решений.....	107
<i>Бондарева Ю. Д., Смородин В. С.</i> Теоретические основы компьютерного анализа сложных технических систем .....	108
<i>Борищук В. Л., Цитринов А. В.</i> Имитационная модель процесса $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ с учетом вклада экзотических лептонов .....	109
<i>Бужан М. А., Жердецкий Ю. В., Сукач Е. И.</i> Обзор программных комплексов для оценки надежности систем .....	111
<i>Войтов А. Ю., Карпович С. Е.</i> Имитационное моделирование в среде matlab параллельного манипулятора с шестью степенями свободы .....	112
<i>Гаврилик П. В., Ратобылская Д. В.</i> Разработка системы тестов генераторов псевдослучайных чисел.....	113
<i>Герасимчук А. Н., Косарева Е. В.</i> Веб-приложение для имитационного моделирования сети массового обслуживания с системами со многими очередями.....	114
<i>Гетиков Д. В., Сукач Е. И.</i> Средства автоматизации вероятностного моделирования сетевых структур.....	115
<i>Деревянко Д. В., Сукач Е. И.</i> Оценка эффективности организации транспортной системы .....	116
<i>Жердецкий Ю. В., Бужан М. А., Сукач Е. И.</i> Моделирование динамики технологического процесса производства с элементами потенциальной опасности .....	117
<i>Казаков А. А., Берикбаев В. М.</i> Подходы к моделированию деятельности на участке пограничной заставы.....	118
<i>Касьянович И. М., Берикбаев В. М.</i> Развитие направлений имитационного моделирования сложных организационно-технических систем.....	119
<i>Кузнецов В. В., Конюх Л. А.</i> Моделирование параллельного манипулятора в виде раскрывающегося тетраэдра .....	120
<i>Малеша И. В., Ковалева И. Л.</i> Использование модели-аналога при имитационном моделировании .....	121
<i>Могилевич Д. С., Статкевич С. Э.</i> Исследование рынка многих товаров в условиях случайного спроса.....	122

<i>Мурзак В. В., Берикбаев В. М.</i> Применение имитационного моделирования для оценки боевых возможностей подразделений	123
<i>Первенецкий А. П., Ланин В. Л.</i> Моделирование тепловых полей лазерной пайки SMD компонентов .....	124
<i>Петровец В. В., Ружицкая Е. А.</i> Алгоритм генерации нормальных случайных чисел методом отбора .....	125
<i>Форутан М. М., Салманзадех Г., Карнович С. Е.</i> Формирование программируемых траекторий многокоординатным электроприводом прямого действия .....	127
<i>Цуприк С. В., Солонар А. С.</i> Особенности формирования входного воздействия для оптико-локационной системы с помощью графических интерфейсов OPENGL и UNITY3D .....	128

## **СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### ***Прикладные программно-аппаратные системы***

<i>Shevchuk D. P., Vakunova O. G.</i> Development of web-service via ASP.NET WEB API .....	129
<i>Аль-Камали М. Ф. С. Х., Врублевский И. А.</i> Компьютерная обработка изображений поверхности нанопористого анодного оксида алюминия с ультрамалыми порами.....	130
<i>Арцукевич Д. А.</i> О задаче классификации образов клеток тканей человека с помощью языка программирования PYTHON и методов DATA MANING .....	131
<i>Барановский А. В., Короткевич В. А.</i> Оконное и мобильное приложения для хранения личных паролей .....	132
<i>Васильчиков М. Г., Писпанен М. А.</i> Разработка системы «Умный дом» .....	133
<i>Верхогляд С. Д., Жадан М. И.</i> Создание сайта «Аллея славы» .....	134
<i>Гануш А. С., Бакунова О. Г.</i> Сайт «Корм в дом» на платформе WORDPRESS.....	135
<i>Голосова А. Д., Короткевич В. А.</i> Разработка приложения для оценки зрительно–моторной реакции.....	136
<i>Гончарук А. Е., Акулич И. П.</i> Программное средство учета абитуриентов учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» .....	137



<i>Горбатовский В. М., Акулич И. П.</i> Программное средство скрытия данных в графических файлах методами стеганографии.....	138
<i>Горбунов Д. С., Бакунова О. Г.</i> Приложение для заказа питания сотрудниками ИООО «ЭПАМ СИСТЕМЗ» на базе DJANGO / TASTYPIE / ANGULAR.....	140
<i>Грекова А. С., Слука А. А.</i> Разработка игрового движка с использованием мультимедийной библиотеки SDL 2.0.....	141
<i>Грищенкова М. О., Березовская Е.М.</i> Создание автоматизированной системы оборота служебных писем.....	142
<i>Данцевич Ю. Н., Ковалева И. Л.</i> Применение CUCUMBER для тестирования облачной платформы.....	143
<i>Даукиша А. Ю., Бражук А. И.</i> Анализ функциональных требований к облачному образовательному интернет-порталу учреждения образования.....	144
<i>Дубовик Т. С., Березовская Е. М.</i> Разработка библиотеки для работы с веб-сервисами через WSDL.....	145
<i>Жевнов Д. О., Слука А. А.</i> АРМ организатора компьютерных курсов «Компьютер с нуля» для пожилых людей.....	147
<i>Жигар Д. А., Бакунова О. Г.</i> Разработка WEB-приложения туристического агентства, организующего морские круизы.....	148
<i>Качкин А. С., Ратобильская Д. В.</i> Разработка мобильного приложения – планировщика режима питания и тренировок POWERFIT	149
<i>Киселёв А. А.</i> Распознавание образов на основе технологии искусственных нейронных сетей.....	150
<i>Коляскин И. И., Жадан М. И.</i> Разработка кроссплатформенного приложения на MICROSOFT XNA.....	151
<i>Корабицкая Ю. Р., Слука А. А.</i> Создание десктопного приложения для управления базой данных ресторана.....	152
<i>Крейза Р. С., Короткевич В. А.</i> Локализация объектов на изображениях с помощью нейронной сети.....	153
<i>Кригин Р. А., Бакунова О. Г.</i> Интернет-магазин по продаже мобильных устройств на платформе ASP.NET MVC.....	154
<i>Латицкий А. А., Кравченко О. А.</i> Поиск потенциально опасного приложения, запущенного в ОС ANDROID.....	155
<i>Лашевич Ю. А., Шушкевич Г. Ч.</i> Использование системы SCILAB для решения прикладных задач, сводящее к решению дифференциальных уравнений.....	156

<i>Лемехо А. С., Кравченко О. А.</i> Разработка кроссплатформенной графической библиотеки, использующей компьютерную графику для построения приложений на базе виртуальной реальности	157
<i>Леонков Е. И., Писпанен М. А.</i> Разработка веб-приложения для планирования задач с использованием фреймворка ANGULAR JS	158
<i>Лисовский В. А., Родченко В. Г.</i> Построение компьютерной системы диагностики на основе SUPERVISED LEARNING .....	159
<i>Луговской Д. М., Бакунова О. Г.</i> Автоматизированная система управления гостиничным комплексом .....	161
<i>Махмудов У., Легчекова Е. В.</i> Способы противодействия GPS-спуфингу .....	162
<i>Мироненко В. М., Короткевич В. А.</i> Комплекс приложений для сбора и хранения метеоданных .....	163
<i>Мишота А. А., Ковалева И. Л.</i> Поиск заданного контекста в наборе данных .....	164
<i>Мишота С. А., Пекарчик С. Е.</i> Разработка навигации специализированных сайтов .....	165
<i>Мосальская А. Д., Бакунова О. Г.</i> Разработка веб-сайта с использованием технологий PHP, JAVASCRIPT, SQL для флористической компании .....	166
<i>Неред И. В., Короткевич В. А.</i> Разработка интернет-приложения «Личный кабинет абитуриента» .....	167
<i>Нго Фьонг Ле, Гульков Г. И.</i> Программное обеспечение для автоматизации проектирования синхронного двигателя с инкорпорированными магнитами.....	168
<i>Новиков Р. Ю., Мурашко И. А.</i> Методика контроля посещения занятий студентами на основе технологии WI-FI .....	169
<i>Петренко А. А., Бакунова О. Г.</i> Автоматизированная система учета продаж в книжном магазине «Книгочей» .....	170
<i>Поддубный С. А., Бондарева В. В.</i> Совершенствование информационно-справочного портала городского транспорта .....	171
<i>Рачков И. И., Слука А. А.</i> Разработка сайта и интернет магазина для автосервиса .....	172
<i>Романенко О. Л., Писпанен М. А.</i> Автоматизация работы администратора фитнес-клуба .....	173
<i>Рыбак А. В., Соболев Д. В.</i> Автоматизированная система подбора лакокрасочных материалов .....	174

<i>Сахарчук А. О.</i> О Разработке сервисов анализа многомерных данных на основе алгоритмов кластеризации.....	175
<i>Сератин И. С., Жадан М. И.</i> Сервис онлайн-печати документов и фотографий.....	176
<i>Слука А. А., Осипенко А. Н.</i> Автоматизация контроля проведения курсов обучения пожилых людей «Компьютер с нуля» .....	177
<i>Тай, Д. Х. Врублевский И. А.</i> Обработка изображений поверхности пористого анодного оксида алюминия в программе IMAGEJ	179
<i>Титуленко Я. М., Маслович С. Ф.</i> Приложение виртуальной справочной службы.....	180
<i>Тозик А. С., Чухольский Д. С., Ливищ Ю. Е.</i> Система построения 3D модели изделия по данным лазерного сканирования .....	181
<i>Флерко Д. В., Писпанен М. А.</i> Разработка интернет-портала рейтинга заведений города Гомеля .....	182
<i>Хайнак А. А., Бакунова О. Г.</i> Программно-аппаратный комплекс для измерения электроэнергии.....	183
<i>Хомяков А. С., Паньков А. В.</i> Использование машинного обучения на примере алгоритма коллаборативной фильтрации для построения рекомендательных сервисов .....	184
<i>Шаменок А. М., Мурашко И. А.</i> Методика защиты исходных кодов программ от реинжиниринга на основе методов обфускации	185
<i>Шипило П. А., Родченко В. Г.</i> Распознавание чисел на основе технологии глубинного обучения .....	186
<i>Янушевская О. С., Писпанен М. А.</i> Разработка приложения для проведения игры «Сто к одному» .....	187

### ***Информационные технологии в обучении***

<i>Бегель А. Н., Гладковский В. И., Пинчук А.И.</i> Компьютерное моделирование автомодельных решений сложного теплообмена ...	188
<i>Березовский М. С., Бычков П. В.</i> Создание интернет магазина по продаже телефонов.....	189
<i>Бородич А. Н., Клименко А. В.</i> Интерактивный сборник олимпиадных задач по математике «КЕНГУРУ-2016, KANGOOROO CANADA».....	190
<i>Бышик Я. В., Долинский М. С.</i> Новая подсистема дифференцированного обучения для DL.GSU.BY .....	191
<i>Веремеева В. А., Лубочкин А. В.</i> Разработка комплекса автоматизации контроля выполнения лабораторных работ по курсу «Математическая экономика» .....	192

<i>Власенко Е. А., Жадан М. И.</i> Разработка визуального приложения по шифрованию и дешифрованию данных.....	193
<i>Волков Д. А., Кузьменков Д. С.</i> Система хранения и проверки задач по программированию .....	194
<i>Горбачёв С. С., Кулагина М. В.</i> Разработка учебного веб-сайта «Анимация с MACROMEDIA FLASH» .....	195
<i>Капура А. В., Ковалевич Т. А., Кушнер Т. Л.</i> Создание расчетных программ в физическом лабораторном практикуме .....	196
<i>Карнеева Д. Д., Бугаенко В. В., Миронов И. А.</i> Создание электронных интерактивных мультимедийных книг и учебников в Ibooks Author.....	197
<i>Колотюк В. В.</i> Информационные технологии на уроках математики.....	198
<i>Коновалова Т. В., Короткевич Л. И.</i> Разработка клиентского приложения для работы с серверами баз данных DB2 .....	199
<i>Король И. А., Короткевич В. А.</i> Система организации и управления дипломными и курсовыми проектами.....	201
<i>Кравченко Ю. М., Писпанен М. А.</i> Автоматизация загрузки результатов олимпиады по программированию.....	202
<i>Купрацевич Д. О., Ратобыльская Д. В.</i> Создание эффектов анимации в ADOBE AFTER EFFECTS с помощью выражений.....	203
<i>Латицкий Д. С., Мироненко В. В.</i> Создание программного комплекса «Система моделирования взаимодействия твердых тел» .....	204
<i>Лосева М. М., Кузьменков Д. С.</i> Разработка приложения автоматизированного тестирования по английскому языку с использованием C#.....	205
<i>Моисеева В. Д., Корлюкова Т. В., Зайкова С. А.</i> Разработка мобильного приложения для изучения языков программирования .	206
<i>Нагай А. А., Шушкевич Г. Ч.</i> Разработка программного модуля «Потоки в сетях» .....	207
<i>Петушков А. А., Жадан М. И.</i> Разработка системы обучения владением стрелковым оружием.....	208
<i>Пискунова А. Д., Долинский М. С.</i> Автоматизация системы обработки пропусков сайта DL.DSU.BY.....	209
<i>Прохоренко В. А., Невдашенко Е. В.</i> Разработка электронного журнала куратора с возможностью автоматизации формирования отчетности.....	210
<i>Раздужева Е. С., Кулагина М. В.</i> Разработка учебного веб-сайта «PASCAL с нуля» .....	211

<i>Ракицкий М. Д., Шушкевич Г. Ч.</i> Создание открытого чата с возможностью шифрования сообщений.....	213
<i>Рохацевич А. А., Авдашкова Л. П.</i> Автоматизация оценки уровня физического здоровья студентов.....	214
<i>Светличный А. С., Долинский М. С.</i> Разработка интерактивного задачника по хранимым процедурам DL.GSU.BY.....	215
<i>Симонович Г. А., Величко Л. А.</i> Использование программы Advanced Grapher в качестве расчетной среды в физическом лабораторном практикуме .....	216
<i>Симхович И. О., Ружицкая Е. А.</i> Обучающее приложение «Флаги и столицы мира» .....	217
<i>Ситько В. В., Некревич А. В., Зайкова С. А.</i> Разработка мобильного приложения «HANGMAN» для самостоятельного изучения экономической теории.....	218
<i>Струг А. В., Зайкова С. А.</i> Разработка образовательной среды инструментами GOOGLE APPS .....	219
<i>Улькина А. А., Ружицкая Е. А.</i> Разработка web-приложения для тестирования по языку программирования C .....	220
<i>Шевко А.В., Березовская Е. М.</i> Разработка приложения для тестирования учащихся с использованием MICROSOFT VISUAL STUDIO .....	221
<i>Ярошук А. В., Миронов И. А.</i> Персонализированное рабочее пространство студента для web-портала университета .....	222

**Применение информационных технологий  
в экономике и управлении**

<i>Volshtein A. O.</i> Using sqlite library in android application.....	224
<i>Алиферович М. С., Куликова Е. Е., Кравченко С. В.</i> Интернет вещей.....	225
<i>Атаманчук А. В., Бондарева В. В.</i> Поисковая оптимизация сайта – SEO.....	226
<i>Балицкая А. О., Жадан М. И.</i> Создание клиент-серверного приложения «Туристическое агентство» .....	227
<i>Борисова К. А., Грищук Д. В.</i> Совершенствование работы предприятия с использованием программного продукта 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ .....	228
<i>Бубенко Е. С., Комракова Е. В.</i> Разработка мобильного приложения под операционную систему ANDROID, для подбора оборудования для систем видеонаблюдения.....	229

<i>Бычков Е. С., Бычков П. В.</i> Создание мобильного приложения «Калькулятор коммунальных платежей» для платформы ANDROID с использованием языка JAVA .....	230
<i>Витман Г. А., Зайкова С. А.</i> Разработка сервиса услуг онлайн-бронирования заказов .....	231
<i>Воронкова А. В., Байнев В. Ф.</i> «Промышленный интернет» как фактор инновационного развития .....	232
<i>Галковский А. В., Марченко Л. Н.</i> Моделирование конкуренции в банковской сфере Республики Беларусь .....	233
<i>Гатиho Е. С., Голубева О. В.</i> Программное обеспечение для оценки эффективности маркетинга в социальных медиа .....	234
<i>Глушков В. В.</i> Программно-алгоритмический комплекс реализации сервисов E-LOGISTIC .....	235
<i>Гурский Д. С., Сыч В. В., Качкан А. Р., Осипенко Н. Б.</i> Макет клиент-серверного приложения для выявления индивидуальных черт характера .....	236
<i>Дедук А. А., Зайкова С. А.</i> Разработка интернет-магазина для эффективного продвижения продукции фермерского хозяйства .....	237
<i>Денисенко Н. А., Лубочкин А. В.</i> Разработка модели интеллектуального анализа данных с использованием MS SQL SERVER ANALYSIS SERVICES и гибкой системы отчетов .....	238
<i>Деращиц В. А., Карасёва Г. Л.</i> Автоматизированная информационная система библиотеки .....	239
<i>Долгий В. Г., Левчук Е. А.</i> Создание отчетов в автоматизированной информационной системе «Управление автотранспортом» .....	240
<i>Дубовская Е. А., Зайкова С. А.</i> Разработка дизайна мобильного приложения с использованием технологий дополненной реальности .....	241
<i>Евлампыев Е. Ю., Жадан М. И.</i> Разработка системы учета рабочего времени .....	242
<i>Зайков А. Д., Кадан А. М.</i> Разработка дополнительных инструментов для обеспечения безопасного использования системы управления проектами .....	243
<i>Закревская В. С., Жадан М. И.</i> Модель «AS-IS» по методологии DFD автоматизированной системы обработки заказов гостиницы .....	244
<i>Кадач Д. В., Семенчук Н. В.</i> Внедрение методов стратегического планирования в РЦПИ Гродненской области .....	245
<i>Казак Ю. С., Карасёва Г. Л.</i> Реализации онлайн-технологий в современной экономике .....	246

<i>Какура А. Г., Кузьменков Д. С.</i> Разработка ВІ отчётности для планирования бизнес-процессов на предприятии в среде IBM COGNOS ВІ .....	247
<i>Кармызов А. В.</i> Шаринская экономика как перспективная модель развития потребительского рынка.....	249
<i>Князев М. Ю., Бондарева В. В.</i> Особенности электронной коммерции для людей с ограниченными возможностями.....	250
<i>Кондик А. Г., Марченко Л. Н.</i> Денежные сбережения населения Республики Беларусь .....	251
<i>Константинов Е. Р., Маслович С. Ф.</i> Разработка модуля изменения статусов выполнения клиентского заказа для CRM-системы VTIGER .....	252
<i>Короткая П. А., Пустовалова Н. Н.</i> Компьютерная программа управления складскими ресурсами .....	253
<i>Марсинов П. А., Карасёва Г. Л.</i> Автоматизированная система учета текущей успеваемости студентов .....	254
<i>Митюков В. С., Семенчук Н. В.</i> Реализация методов многомерного регрессионного анализа и их применение для предприятия «Белспецмонтажавтоматика» .....	255
<i>Молокович Д. В., Забродская К. А.</i> Применение корреляционно-регрессионного анализа для прогнозирования объема вкладов физических лиц в республике Беларусь .....	256
<i>Мордвинов В. А., Карасёва Г. Л.</i> Автоматизированная система «Расписание занятий факультета» .....	257
<i>Мурашкевич И. В., Кулагина М. В.</i> Разработка системы управления фирмой по продаже мебели на платформе .NET.....	258
<i>Невдашенко Е. В., Осипенко Н. Б.</i> Разработка веб-приложения для многокритериальной оптимизации подбора команды исполнителей.....	259
<i>Неживинская М. Ю., Атьман О. В., Рудикова Л. В.</i> Общая концепция разработки системы для анализа востребованных вакансий в ит-отрасли .....	260
<i>Павловская К. И., Забродская К. А.</i> Система показателей оценки развития информационно-коммуникационной инфраструктуры .....	261
<i>Погудин Н. С., Ратобильская Д. В.</i> Разработка нейронной сети для решения задачи классификации объектов.....	262
<i>Попович Е. В., Марченко Л. Н.</i> Анализ однородности активов и пассивов банков Республики Беларусь.....	263
<i>Разгуляев А. Д., Осипенко Н. Б.</i> Разработка клиент-серверного веб-приложения для торгово-производственного предприятия....	264

<i>Решетникова Е. М., Лубочкин А. В.</i> Программная реализация комплексной информационной системы транспортной компании в среде разработки DELPHI 7 .....	265
<i>Савченко А. В., Ковалева И. Л.</i> Автоматизация обработки путевой документации .....	266
<i>Семенович С. В., Зайкова С. А.</i> Проектирование интернет-ресурса для регионального представительства компании.....	267
<i>Сенник Ю. С., Иващутин А. Л.</i> Применение динамического программирования для решения задач распределения инвестиций .....	268
<i>Сидоренко И. Н., Семенюта А. Н.</i> Использование облачных технологий в управленческой деятельности предприятия .....	269
<i>Силина М. А., Карасёва Г. Л.</i> Разработка VI отчётности для планирования бизнес-процессов на предприятии в среде IBM COGNOS BI .....	270
<i>Силюк А.А., Ковалева И.Л.</i> Мобильное приложение для составления расписания занятий .....	271
<i>Скидан А. С., Маслович С. Ф.</i> Разработка системы управления расписанием отображения рекламных материалов на медийных устройствах .....	272
<i>Слепенюк Ю. А., Осипенко Н. Б.</i> Подбор наиболее подходящих человеку сфер деятельности и профессий.....	273
<i>Трейтьяк К. С., Карасёва Г. Л.</i> Автоматизированная система учёта товаров .....	274
<i>Трушкова Е. А., Карасёва Г. Л.</i> Приложение «Достопримечательности беларуси» в среде C++ BUILDER с использованием БД ACCESS.....	275
<i>Фокин А. А., Синюкович А. К., Вувуникян Ю. М.</i> Создание мобильного приложения «Shopping List» на платформе ANDROID .....	276
<i>Цябус А. Н., Карасёва Г. Л.</i> Разработка веб-сайта на CMS WORDPRESS для работы с фото-референсами.....	277
<i>Чекун О. А., Ковалева И. Л.</i> Использование SWOT-анализа для выбора поставщика .....	278
<i>Шереметов И. О., Карасёва Г. Л.</i> Создание веб-сервиса по учёту и планированию личного и семейного бюджета .....	279



Научное электронное издание

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

Материалы XX Республиканской научной конференции  
студентов и аспирантов  
(Гомель, 20–22 марта 2017 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *Е. М. Березовская*

Подписано к изданию 18.05.2017.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.