

ISSN 2227-6882

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 XXIX Республиканской научной конференции
студентов и аспирантов
(Гомель, 23–25 марта 2026 года)

В двух частях

Часть 1

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2026

УДК 51:004:001.89

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

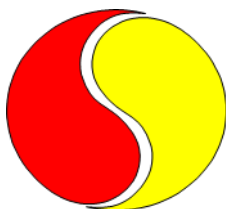
В издание включены материалы секций: «Аналитические и численные методы исследования в математике», «Математическое и компьютерное моделирование систем», «Современные информационные технологии» («Прикладные программно-аппаратные системы», «Информационные технологии в обучении», «Применение информационных технологий в экономике и управлении»), «Автоматизация производственных процессов».

Адресуется студентам, магистрантам и аспирантам вузов, научным работникам.

Редакционная коллегия:

Л. Н. Марченко (главный редактор), А. Ф. Васильев,
Д. С. Кузьменков, В. С. Смородин, О. В. Якубович,
М. С. Белокурский, А. В. Воруев, Е. И. Сукач

© Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», 2026



АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

*Дифференциальные уравнения,
математический анализ
и численные методы*

Г. Н. Казимиров, В. В. Дюндикова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

О СОВПАДЕНИИ ОБОБЩЁННЫХ МОДУЛЕЙ 2-ГО ПОРЯДКА НА МНОГОЧЛЕНАХ ЧЕБЫШЁВА-ЯКОБИ

В данной работе доказывается, что некоторые модули 2-го порядка с разными и одинаковыми сдвигами совпадают на классе многочленов Чебышёва.

Будем говорить, что $f \in L_1$, если функция f измерима на отрезке $[-1, 1]$ и $\|f\|_1 = \int_{-1}^1 |f(x)| dx < +\infty$. Через $L_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}}$ обозначим множество таких функций f , что $\frac{f(x)}{\sqrt{1-x^2}} \in L_1$ и положим

$$\|f\|_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}} = \left\| \frac{f(x)}{\sqrt{1-x^2}} \right\|_1.$$

Определим оператор обобщённого сдвига

$$\hat{T}(f, x, \lambda) = \frac{1}{\pi \cos \frac{\lambda t}{2}} \int_0^\pi f(\cos \theta) \left(\frac{1 + \cos \theta}{1 + x} \right)^{\frac{\lambda}{2}} \cos \lambda r d\varphi,$$

где $|t| < \pi, 0 \leq r \leq \pi \cos \theta = x \cos t + \cos \varphi \sqrt{1-x^2} \sin t$,

$$\cos r = \frac{\sqrt{1+x} \cos \frac{t}{2} + \cos \varphi \sqrt{1-x^2} \sin \frac{t}{2}}{\sqrt{1+x \cos t + \cos \varphi \sqrt{1-x^2} \sin t}}.$$

Введём также обозначения:

$$\Delta_h^1(f, x) = \hat{T}_h(f, x) - f(x), \quad \Delta_{h_1, h_2}^2(f, x) = \Delta_{h_2}^1(\Delta_{h_1}^1(f, x), x),$$

$$\tilde{\omega}_2(f, \delta)_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}} = \sup_{|h_i| \leq \delta, i=1,2} \left\| \Delta_{h_1, h_2}^2(f, x) \right\|_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}},$$

$$\omega_2(f, \delta)_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}} = \sup_{|h| \leq \delta} \left\| \Delta_{h, h}^2(f, x) \right\|_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}},$$

$P_k^\lambda(x)$ – алгебраические многочлены степени k , ортогональные друг другу на отрезке $[-1, 1]$ с весом $(1+x)^\lambda$ и нормированные условием $P_k^\lambda(1) = 1$

Теорема. $\omega_2(P_k^\lambda, \delta)_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}} = \tilde{\omega}_2(P_k^\lambda, \delta)_{1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}}.$

Г. Л. Карасёва, З. Р. Тагангылыджова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

НЕВЫРОЖДЕННОСТЬ РЕШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Исследуем достаточные условия, при выполнении которых система

$$c'x(t_M) \rightarrow \max,$$

$$x(t_{i+1}) = \tilde{A}x(t_i) + \tilde{b}u_i, \quad x(0) = x_0, \quad Hx(t_M) = g,$$

$$|d'x(t_i)| \leq \alpha(t_i), \quad i = \overline{0, M};$$

$$|u_i| \leq 1, \quad i = \overline{0, M-1}.$$

имеет единственное решение в окрестности точки $\Theta = \Theta^0$

$$\Theta^0 = \left\{ t_{ij}^0, \quad j = \overline{1, p_i}; \quad i = \overline{0, p-l_0}; \quad \tau_i^0, \quad i \in L; \quad \tau^{0i}, \quad i \in L_*; \quad \bar{v}_i^0, \quad i \in L; \quad y^0 \right\}$$

и это решение системы может быть построено методом Ньютона.

Определение Пусть $u^0(\cdot)$, $x^0(\cdot)$ – оптимальное управление и соответствующая ему траектория. Управление $u^0(\cdot)$ назовем невырожденным, если имеют место соотношения:

$$\dot{\psi}'^0(t_{ij}^0)b \neq 0, \quad j = \overline{1, p_i}, \quad i = \overline{0, p-l_0}, \quad \dot{\psi}'^0(\tau_i^0)b \neq 0, \quad i \in L_R;$$

$$\dot{\psi}'^0(\tau^{0i} + 0)b \neq 0, \quad i \in L^R;$$

$$d' \ddot{x}^0(\tau_i^0) \neq 0, \quad i \in L \setminus L_R; \quad d' \ddot{x}^0(\tau^{0i} + 0) \neq 0, \quad i \in L_* \setminus L^R;$$

$$\text{rank} \begin{pmatrix} A_{(1)}(\Theta^0) \\ A_{(2)}(\Theta^0) \end{pmatrix} = m + p.$$

Лемма 1. Пусть оптимальное управление $u^0(\cdot)$ не вырождено.

Тогда $\det \bar{\Phi}(\Theta^0) \neq 0$.

$$\bar{\Phi}(\Theta^0) = \begin{pmatrix} A(\Theta^0) & \bar{B}(\Theta^0) \\ -\bar{D}(\Theta^0) & -A'(\Theta^0) \end{pmatrix},$$

Где

$$\bar{B}(\Theta^0) = \text{diag} \left(\overbrace{0, 0, \dots, 0}^{m+p}, b_i = d' \ddot{\chi}(\Theta^0, \tau_i^0 - 0) / \mu(\tau_i^0), \quad i \in L \setminus L_R; \right.$$

$$\left. b^i = d' \ddot{\chi}(\Theta^0, \tau^{0i} + 0) / \mu(\tau^{0i}), \quad i \in L_* \setminus L^R \right);$$

$$\bar{D}(\Theta^0) = \text{diag} \left(d_{ij} = \dot{\psi}'(\Theta^0, t_{ij}^0)b / \Delta \eta(t_{ij}^0), \quad j = \overline{1, p_i}; \quad i = \overline{0, p-l_0}; \right.$$

$$\left. d_i = \dot{\psi}'(\Theta^0, \tau_i^0 - 0)b / \Delta \eta(\tau_i^0), \quad i \in L_R; \quad d^i = \dot{\psi}'(\Theta^0, \tau^{0i} + 0)b / \Delta \eta(\tau^{0i}), \quad i \in L^R \right)$$

И. В. Кругликов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ТЕОРЕМА МОНТЕССУ ДЛЯ РЯДОВ ЛОРАНА

Обозначим через $[n/m]_f^L(z)$ аппроксимацию Паде–Лорана типа (n, m) ряда Лорана f . Подробное определение $[n/m]_f^L(z)$ смотри в [1].

Справедлив следующий аналог (см. [2]) теоремы Монтеcssу для рядов Лорана.

Теорема. Пусть функция $f(z)$ мероморфна в кольце $K = \{z : r < |z| < R\}$, имеет в этом кольце ровно два простых полюса $z_{\pm}$, причём $r < |z_-| < |z_+| < R$, а также существуют пределы

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{f_n}{f_{n+1}} = z_+, \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{f_{-n}}{f_{-n-1}} = \frac{1}{z_-},$$

где $(f_n)_{n=-\infty}^{+\infty}$ – коэффициенты разложения функции $f(z)$ в ряд Лорана в кольце $\{z : |z_-| < |z| < |z_+|\}$. Тогда $[n/1]_f^L(z) \rightarrow f(z)$ при $n \rightarrow +\infty$ равномерно на компактных подмножествах множества $K \setminus \{z_{\pm}\}$.

Литература

- 1 Старовойтов, А. П. Рациональные аппроксимации рядов Лорана / А. П. Старовойтов, Н. В. Рябченко // Проблемы физики, математики и техники. – 2024. – Т. 58, № 1 – С. 68–73.
- 2 Бейкер мл., Дж. Аппроксимации Паде. 1. Основы теории. 2. Обобщения и приложения / Дж. Бейкер мл., П. Грейвс-Моррис. – М. : Мир, 1986.

М. С. Удодов, М. С. Белокурский
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ОТРАЖАЮЩАЯ ФУНКЦИЯ УРАВНЕНИЯ С РАЗДЕЛЯЮЩИМИСЯ ПЕРЕМЕННЫМИ

Важным инструментом исследования периодических решений дифференциальных систем является метод отражающей функции Мироненко [1, с. 62].

Рассмотрим уравнение с разделяющимися переменными

$$\dot{x} = f(t)g(x), \quad t \in R, x \in D \subset R. \quad (1)$$

Будем считать правую часть уравнения (1) непрерывно дифференцируемой по всем переменным.

Утверждение. *Отражающая функция уравнения (1) задается соотношением*

$$\int_x^F \frac{dx}{g(x)} = \int_t^{-t} f(t)dt. \quad (2)$$

Примером может служить уравнение $\dot{x} = x^2 \cos t$. Соотношение (2) для него имеет $\int_x^F \frac{dx}{x^2} = \int_t^{-t} \cos t dt$. Из него находим отражающую функцию

$$F(t, x) = \frac{x}{1 + 2x \sin t}.$$

Литература

1 Мироненко, В. И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем / В. И. Мироненко. – Гм.: Мин. Образов. РБ, УО «ГГУ имени Ф. Скорины», 2004. – 196 с.

А. И. Шульжик

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА

Рассмотрим интегро-дифференциальное уравнение Вольтерра с числовым параметром D:

$$\int_0^t \sin(x(s)) ds + x'(t) = D. \quad (1)$$

Параметр D можно интерпретировать как величину, характеризующую внешнее воздействие или смещение равновесия системы.

При этом уравнение сохраняет нелинейный характер за счет присутствия функции синус под знаком интеграла.

Интегро-дифференциальное (1) рассматривалось ранее [1] нами в случае $D = 1$. В настоящей работе исследуется следующая задача: сохраняется ли периодичность решения при изменении параметра, и если да, то каким образом параметр влияет на величину периода.

Вычислительные эксперименты проводились в диапазоне $[-1.6; -0.1] \cup [0.1; 1.6]$ с шагом 0.1. Для каждого значения параметра строилось численное решение, после чего определялся его период.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что во всем исследуемом диапазоне решение сохраняет устойчивый колебательный характер.

В то же время количественные характеристики решения существенно изменяются. Установлено, что период периодического решения уравнения (1) монотонно возрастает с увеличением модуля параметра D .

Литература

1 Шульжик, А. И. Моделирование решения интегро-дифференциальных уравнений / А. И. Шульжик // Вычислительные методы, модели и образовательные технологии: сб. материалов XIV Респ. науч.-практ. конф., Брест, 28 окт. 2025 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина; под общ. ред. О. В. Матысика. – Бр.: БрГУ, 2024. – С. 35-36.

P. V. Ostapuk

(BrSU named after A. S. Pushkin, Brest)

REGULARIZATION OF INCORRECT EQUATIONS IN THE SEMI-NORM OF A HILBERT SPACE

В работе предлагается явный итерационный метод для решения некорректных задач, в полунорме гильбертова пространства получены достаточные условия сходимости метода, его априорные оценки погрешности и момент останова.

In the Hilbert space H , to solve an ill-posed equation $Ax = y_\delta$ with an inaccurate right-hand side y_δ ($\|y - y_\delta\| \leq \delta$), where A – bounded positive self-adjoint operator, a regularizing algorithm is used ($0 \in SpA$ and therefore

the problem under consideration is incorrect) in the form of an explicit iteration

scheme with $0 < \alpha \leq \frac{5}{4\|A\|^2}$:

$$x_{n+1,\delta} = (E - \alpha A^2)x_{n,\delta} + \alpha Ay_\delta, \quad x_{0,\delta} = 0. \quad (1)$$

Let us study the convergence of the method (1) in the semi-norm of a Hilbert space $\|x\|_A = \sqrt{(Ax, x)}$, where $x \in H$ [1]. The number of iterations n should be chosen depending on the error level δ . Proven

Theorem 1. *If we select the number of iterations n depending on the error level δ so that $\sqrt[4]{n}\delta \rightarrow 0$, $n \rightarrow \infty$, $\delta \rightarrow 0$, then iterative method (1) is convergent in the semi-norm of a Hilbert space.*

Theorem 2. *For the iteration method (1), the following are true: error estimation*

$$\|x - x_{n,\delta}\|_A \leq 2n^{\frac{1}{4}}\alpha^{\frac{1}{4}}\delta + (4n\alpha e)^{-\frac{1}{4}}\|x\|, \quad n \geq 2$$

and the a priori moment of stopping

$$n_{opt} = 2^{-3}\alpha^{-1}e^{-\frac{1}{2}}\|x\|^2\delta^{-2}.$$

Literature

1 Matysik, O. V. Alternating step size method for solving ill-posed linear operator equations in energetic space / O. V. Matysik, M. M. Van Hulle // J. Comp. & Appl. Math. (Elsevier). – 2022. – № 416. – P. 1–12.

Ia. I. Shukailo

(BrSU named after A. S. Pushkin, Brest)

CHOOSING A REGULARIZATION PARAMETER IN AN ITERATIVE PROCEDURE OF AN EXPLICIT TYPE FOR ILL-POSED TASKS

В работе решается некорректная задача при помощи явной итерационной процедуры, дается указание на априорный выбор параметра регуляризации для предлагаемого метода.

An ill-posed equation $Ax = y_\delta$ is solved in the Hilbert space H , where $A: H \rightarrow H$, $A = A^* \geq 0$, $\|A\| \leq M$. Here y is the perturbed right-hand side of the equation with an error of δ and $0 \in SpA$, therefore, the task under consideration is unstable [1; 2]. It is assumed that the exact solution x of the equation with the exact right-hand side y can be found. To find it, we apply explicit iterative procedure

$$x_{n+1,\delta} - x_{n,\delta} = -2\alpha Ax_{n,\delta} + \alpha^2 A^2 x_{n,\delta} + 2\alpha y_\delta - \alpha^2 Ay_\delta, \quad x_{0,\delta} = 0, \quad (1)$$

here E – the unit operator, α – iteration parameter.

The convergence of the method (1) means that the approximations (1) approach the exact solution of equation $Ax = y_\delta$ as n and become sufficiently small δ . Proven

Theorem. *If $n(\delta)\delta \rightarrow 0$, $n \rightarrow \infty$, $\delta \rightarrow 0$, then by $0 < \alpha \leq 2M^{-1}$ iterative process (1) is convergent. If the solution of the equation $Ax = y_\delta$ is imaginable from the source ($x = A^p \vartheta$, $p > 0$), then by $0 < \alpha \leq 5(4M)^{-1}$ provided that the error estimate is valid for method (1):*

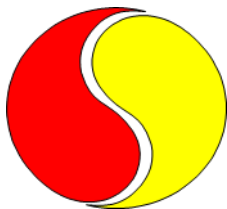
$$\|x - x_{n,\delta}\| \leq \left(\frac{p}{2n\alpha e} \right)^p \|\vartheta\| + 2n\alpha\delta,$$

and the regularization parameter:

$$n_{opt} = p(2\alpha)^{-1} e^{-p/(p+1)} \delta^{-1/(p+1)} \|\vartheta\|^{1/(p+1)}.$$

Literature

- 1 Matysik, O. V. Iterative regularization of incorrect tasks / O. V. Matysik. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2015. – 188 p.
- 2 Matysik, O. V. Regularizing algorithms for first-kind ill-posed operator equations / O. V. Matysik. – Br.: BrSU named after A. S. Pushkin, 2025. – 256 p.



АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

*Теория вероятностей и
математическая статистика,
теория массового обслуживания*

Е. М. Борчик, М. В. Алексейков
(Белорусско-Российский университет, Могилев)

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕНТГЕНОМОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

В ходе работы рассмотрены данные пациентов относительно остеохондроза поясничного отдела. Основой исследования стала радиометрическая схема (рисунок 1), включающая оценку передних и задних высот тел позвонков ($L1-L5$), а также межпозвонковых расстояний.

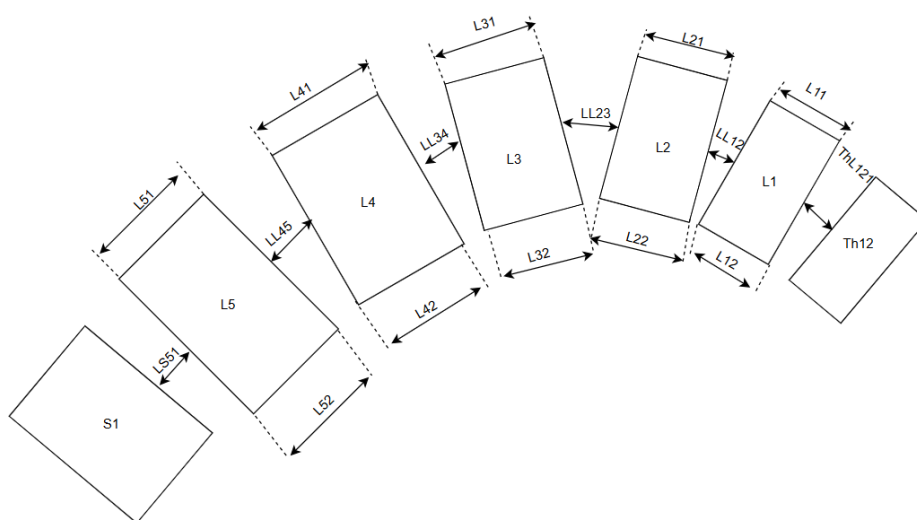


Рисунок 1 – Радиометрическая схема поясничного отдела

В ходе анализа чувствительности определены наиболее информативные биомеханические параметры, оказывающие критическое

влияние на дифференциацию состояний «норма/патология». Если при значительной амплитуде изменения некоторой компоненты вектора параметров центров предварительного кластерного анализа отклики менялись незначительно, то точность представления этого межпозвонкового расстояния не играет существенной роли. Кроме того, в планировании заключения или лечебных процедур это межпозвонковое расстояние не будет использоваться как основное [1].

Литература

1 Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. – М.: Радио и связь, 1988. – 244 с.

Е. О. Галимов

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Исследуются статистические данные производства продукции промышленного предприятия основанного на B2B продажах за период с 2020 по 2025 год: x – период времени, y – количество произведенной продукции, т.м.п.

Диаграмма на рисунке 1 иллюстрирует весьма тесную прямую линейную зависимость между объемом произведенной продукции с течением времени, $r_{xy} = 0.91$.



Рисунок 1 – Объем произведенной продукции промышленным предприятием за период с 2020 по 2025 годы

Построена следующая модель регрессии:

$$y_t = -215.4 + 5.372x_1 + 812.6x_2 + e_t.$$

Базовые характеристики говорят о высоком качестве модели: коэффициент детерминации $R^2 = 0.962$, все коэффициенты статистически значимы, уравнение в целом также статистически значимо – $F = 874.2$ ($p < 0.001$), автокорреляция отсутствует – $d = 1.95$, стандартная ошибка оценки – $S = 487.3$ тыс.руб. Остатки модели обладают свойством гомоскедастичности ($p = 0.28$) и имеют нормальное распределение ($p = 0.32$).

Таким образом, при увеличении объема производства на 1 т товарная продукция возрастает в среднем на 5,37 тыс. руб. При росте цены на 1 руб./т товарная продукция увеличивается в среднем на 812,6 тыс. руб. Построенная модель обладает высокими объясняющими способностями ($R^2 = 0.96$) и может быть использована для прогнозирования товарной продукции в зависимости от объема и цены.

Литература

1 Хацкевич, Г. А. Эконометрика: учебник / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Мн.: РИВШ, 2021. – 452 с.

М. В. Горева

(БГУ, Минск)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНОК СЕМИВАРИОГРАММЫ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Точность пространственного прогнозирования в различных прикладных областях напрямую зависит от корректности идентификации структуры корреляционной связи. Например, основой метода прогнозирования кригинг является семивариограмма, позволяющая подобрать подходящую к данным модель зависимости. В данной работе исследуются четыре оценки семивариограммы: классическая оценка Матерона, Хаслетта, а также робастные оценки Кресси–Хокинса и Гентона.

Для генерации реализаций процессов был применен метод разложения Холецкого ковариационной матрицы [1]. В ходе экспериментов смоделированы по 100 наблюдений за процессами с экспоненциальной, гауссовской, линейно-экспоненциальной и синусоидальной ковариационными структурами. Сравнение проводилось по метрикам RMSE и MARE на основе 100 независимых итераций для каждой модели.

Для экспоненциальной, гауссовской и линейно-экспоненциальной ковариационных функций оценки Матерона и Хаслетта показали наиболее стабильные результаты, при этом оценка Хаслетта наиболее устойчива к колебаниям на малых лагах. Робастные оценки Гентона и Кресси–Хокинса эффективны для нестандартных структур зависимости, например, синусоидальной, но уступают в точности на классических моделях [2]. Результаты позволяют минимизировать погрешности прогнозирования.

Литература

- 1 Шапорев, С. Д. Случайные процессы: учеб. пособие / С. Д. Шапорев, Б. П. Родин. – СПб.: Северо-Западный ин-т печати, 2002. – 120 с.
- 2 Mingoti, S. A. A note on robust and non-robust variogram estimators / S. A. Mingoti, G. Rosa // Rem: Revista Escola de Minas. – 2008. – Vol. 61, № 1. – P. 87–95.

К. А. Добшикова

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРЕСТУПНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Согласно статистическим данным о преступности в Республике Беларусь, в анализ включены десять ключевых показателей: разбой, грабеж, кража, хулиганство, умышленное причинение тяжкого телесного повреждения, убийство и покушение на убийство, число жертв

умышленных убийств, все виды преступлений, численность лиц, совершивших преступления, численность осужденных. Основная цель работы определить устойчивые закономерности и взаимосвязи, присущие динамике и структуре преступности в Беларуси.

В результате выполнения работы были изучены статистические методы анализа взаимосвязей [1-5], проведен статистический анализ показателей преступности в Беларуси за период с 2008 по 2024 года [6].

Благодаря методам математической статистики установлены статистически значимые различия между группами по полу, а также выявлены корреляционные связи между имущественными и насильственными преступлениями и численностью лиц, совершивших преступления.

Делая вывод по полученным результатам, между ключевыми показателями прослеживается устойчивая взаимосвязь.

Полученные результаты и выводы могут быть использованы для анализа и решения общей криминогенной ситуации.

Литература

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

2 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

3 Наследов, А. Д. Математические методы психологического исследования / А. Д. Наследов. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.

4 Андронов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринглаз. – СПб.: Питер, 2004. – 461 с.

5 Новиков, А. А. Математическая статистика: Учебное пособие / А. А. Новиков – М.: Юрайт, 2018. – 312 с.

6 Официальные статистические данные Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстат): [сайт]. – Мн., 2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 15.10.2025).

С. Ю. Евмененко, В. А. Немилюстивая
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

СТАЦИОНАРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕТЕЙ С ТРЕБОВАНИЯМИ РАЗНОГО ТИПА И ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫМ ОГРАНИЧЕНИЕМ НА ВРЕМЯ ПРЕБЫВАНИЯ

Марковский случай. В сеть массового обслуживания, образованную N однолинейными узлами, поступает стационарный пуассоновский поток с интенсивностью λ . Число мест для ожидания бесконечно. Предполагается, что промежутки времени между моментами поступления требований извне в сеть, времена их обслуживания и времена их пребывания в узлах суть взаимно независимые между собой случайные величины.

Длительности обслуживания требований в узлах имеют произвольную функцию распределения $B_i(t)$. Длительность пребывания требования в i -ом узле – случайная величина, имеющая показательное

условное распределение с параметром $\frac{\nu_i}{n_i} (i = \overline{1, N})$ при условии, что в

i -м узле находится n_i требований. Дисциплина обслуживания LCFS Preemptive Resume.

Теорема 1. В марковском случае, т.е. $B_i(t) = 1 - \exp\{-\mu_i t\} (t > 0)$, цепь Маркова $x(t)$ эргодична, а её единственное стационарное распределение имеет форму произведения $p(x) = p_1(x_1)p_2(x_2)\dots p_N(x_N)$, где $p_i(x_i)$ – стационарное распределение изолированного i -го узла, а $\{\varepsilon_{i,l}, i = \overline{1, N}, l = \overline{1, M}\}$ – решение уравнения трафика.

Когда времена обслуживания требований в узлах имеют произвольную функцию распределения верна следующая теорема

Теорема 2. Случайный процесс $x(t)$ имеет финальное строго положительное распределение в форме произведения $p(x) = p_1(x_1)p_2(x_2)\dots p_N(x_N)$, где $p_i(x_i)$ – финальное распределение изолированного i -го узла, а $\{\varepsilon_{i,l}, i = \overline{1, N}, l = \overline{1, M}\}$ – решение уравнения трафика.

Д. А. Лупач
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАК ИНДИКАТОР НЕРАВНОМЕРНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ВВОДА ЖИЛЬЯ В РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ

Объектом исследования являлись статистические данные о вводе в эксплуатацию жилых домов (м^2 общей площади) по 130 административным единицам Республики Беларусь: областные центры, города областного подчинения и районы. Предметом исследования являлось применение критериев согласия для анализа соответствия распределения показателя закону нормального распределения. Применялись критерии Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка. Крайне низкое значение p -уровня (менее 0,001) позволяет с высокой степенью уверенности отвергнуть нулевую гипотезу и сделать вывод о том, что распределение исследуемого показателя статистически значимо отличается от нормального.

Гистограмма демонстрирует резкую правостороннюю асимметрию (положительный скос). Основная масса районов (более 100 из 130) сконцентрирована в интервале 0–50 000 м^2 , образуя высокий узкий пик. Далее следует резкий спад, после которого наблюдаются единичные районы с экстремально высокими значениями вплоть до 700 000 м^2 . Выявлены 9 единиц, которые экстремально отличаются от основной массы: Минск – 719 925 м^2 , Минский район – 566 090 м^2 , Гродно – 221 774 м^2 , Гомель – 214 030 м^2 , Брест – 209 187 м^2 , Могилев – 165 191 м^2 , Витебск – 144 941 м^2 , Смолевичский район – 119 571 м^2 , Борисовский район – 102 606 м^2 .

Выделены административные единицы, являющиеся выбросами, с высокими показателями ввода жилья и формирующие протяженный правый хвост распределения: Могилевский, Мозырский, Лидский, Барановичи, Пинск, Пуховичский, Кобринский, Брестский, Оршанский, Полоцкий, Гомельский, Бобруйск. Подтверждена гипотеза о наличии устойчивых территориальных диспропорций и выделении «аномально успешных» зон строительства жилых домов. Значительная часть районов концентрируется в области минимальных

значений ввода жилья. Это указывает на наличие «эффекта нижнего порога», ниже которого строительная активность не опускается. Дифференциация регионов формируется исключительно за счет ограниченного числа лидеров, вытягивающих правый хвост.

Д. В. Минин
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрим данные цифровой экономики Республики Беларусь по шести ключевым показателям: валовая добавленная стоимость цифровой экономики, инвестиции в основной капитал в цифровую экономику, количество патентов, выданных национальным заявителям на изобретения в секторе ИКТ, чистая прибыль организаций цифровой экономики, удельный вес розничного товарооборота интернет-магазинов, иностранные инвестиции, поступившие в организации цифровой экономики. Требуется провести статистический анализ данных показателей цифровой экономики, выявить закономерности и взаимосвязи между ними.

В результате выполнения работы были проанализированы данные за период с 2016 по 2024 год [1]. С помощью статистического анализа, включающего корреляционный и однофакторный дисперсионный анализ [2–4], получены следующие основные результаты.

Обнаружена статистически достоверная сильная прямая линейная корреляционная связь между показателями (добавленная стоимость и чистая прибыль, инвестиции в основной капитал и чистая прибыль).

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимые различия между секторами цифровой экономики по всем основным параметрам.

Проведенный анализ выявил наличие взаимосвязей между рассмотренными показателями цифровой экономики Республики Беларусь.

Литература

- 1 Официальные статистические данные Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстат): [сайт]. – Мн., 2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 17.10.2025).
- 2 Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- 3 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
- 4 Андронов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринглаз. — СПб.: Питер, 2004. – 461 с.

Е. К. Пархомцева, О. В. Якубович
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМЫХ НАСЕЛЕННЫХ СТРАН МИРА

Целью данного исследования было изучение динамики демографических показателей за 2005-2023 г. по пяти самым населенным странам мира: Пакистан, Китай, Индия, Индонезия и Нигерия. Основными данными для исследования были взаимосвязи показателей младенческой смертности, общей смертности, женской смертности, мужской смертности, рождаемости, численности населения и ВВП.

На основе расчета базовых статических характеристик была проведена сравнительная оценка демографических тенденций. Также были проведены: корреляционный анализ, визуализированный с помощью тепловых карт, проверка распределений темпов прироста с помощью метода Е. И. Пустыльника и однофакторный дисперсионный анализ.

Исходя из результатов сравнительной оценки демографических тенденций, можно заметить, что Китай лидирует по всем смертям. В то время как другие страны наиболее стабильны. Нигерия демонстрирует самый высокий прирост населения, тогда как в других странах рождаемость снижается. Благодаря тепловым

картам выявлена синхронная динамика Индии и Индонезии почти по всем показателям. В то время как почти все страны образуют обратную связь с Китаем. Благодаря методу Е. И. Пустыльника выявлено нормальное распределение почти во всех показателях. Единственным показателем, который полностью не соответствует нормальному распределению, является ВВП. По результатам однофакторного дисперсионного анализа сделан вывод, что для показателей общей смертности, женской смертности, мужской смертности и ВВП гипотеза принимается, т.е. есть основания считать, что средние значения равны. Для остальных признаков гипотеза отвергается. Делая выводы по всем проведенным анализам, можно сказать, что проведенное исследование подтвердило наличие взаимосвязей между всеми странами.

Э. В. Подгайская

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЙОНОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ ТОРГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Кластеризация – это способ объединения объектов или признаков в однородные группы на основе их схожести. Проведен анализ статистических данных – важнейших показателей торговой инфраструктуры в разрезе районов Гродненской области. Для решения задачи применялись алгоритмы кластерного анализа – метод Варда и метод k -средних, которые реализованы в программном пакете STATISTICA. В результате выделены три группы (рисунок 1).

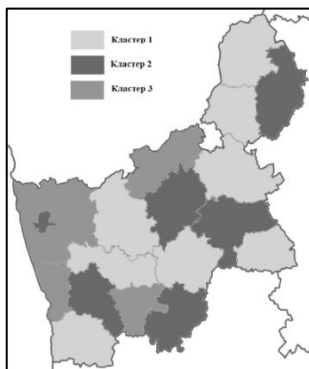


Рисунок 1 – Географическое распределение кластеров

К первой группе отнесены 8 районов: Ошмянский, Островецкий, Щучинский, Мостовский, Свислочский, Кореличский, Ивьевский и Дятловский. Их отличает значительная концентрация небольших торговых точек, ориентированных на ежедневные нужды местных жителей. Вторая группа объединяет пять крупных районных центров (Новогрудский, Лидский, Сморгонский, Слонимский, Волковысский районы), а также город Гродно. Здесь доминируют крупные торговые форматы, которые обслуживают покупательские потоки на межрайонном уровне. Третья группа включает четыре района, расположенных в приграничной и пригородной зонах (Зельвенский, Вороновский, Берестовицкий, Гродненский). Для них характерна преимущественно сельская торговая, а также высокая доля АЗС и точек, реализующих алкогольную продукцию.

Проведенная кластеризация позволяет выявить региональные особенности развития торговой инфраструктуры и может быть использована для разработки адресных мер по ее оптимизации и планированию.

В. С. Романчук
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Проводится анализ статистических данных – ключевых показателей деятельности системы профессионального образования Республики Беларусь. При выполнении работы использовались параметрические и непараметрические критерии сравнения групп и корреляционного анализа: t -критерий Стьюдента, критерии Уилкоксона, Фридмана, Спирмена, реализованные в пакете **TIBCO Statistica™**. Анализ данных выявил три статистически значимые диспропорции.

Первая диспропорция – между учреждениями профессионально-технического (ПТО) и среднего специального образования (ССО). Сравнение показателей выпуска по регионам за 2023 год показывает, что средние значения в учреждениях ССО достоверно превышают показатели в ПТО. Парный t -тест Стьюдента дал $p = 0,004$, критерий Уилкоксона – $p = 0,018$. Выпуск специалистов ССО в среднем на 1,84 тыс. чел. больше выпуска из ПТО.

Вторая диспропорция – в динамике трудоустройства выпускников. Для выпускников ПТО за 2019–2023 гг. обнаруживается статистически значимая отрицательная динамика (сильная отрицательная корреляция Спирмена, $\rho \approx -0,9$). Для выпускников ССО значимого тренда не выявлено.

Третья диспропорция – между высшим и средним профессиональным образованием. Среднегодовой выпуск из вузов (61,75 тыс. чел.) за период 2017–2022 гг. почти в два раза превысил выпуск из ССУЗов (33,20 тыс. чел.). Парный t -тест показал $p = 0,000961$. Критерий Фридмана для трех групп – $p = 0,01431$.

Проведенный сравнительный статистический анализ объективно диагностирует структурные диспропорции в системе профессионального образования. Результаты работы могут быть использованы для совершенствования образовательной политики.

А. О. Русилко
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ ОТ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ

Объектом исследования выступают годовые статистические данные Белстата о номинальной начисленной среднемесячной заработной плате (X , руб.) и розничном товарообороте (Y , тыс. руб.) по Республике Беларусь. Цель исследования – эконометрический анализ и моделирование зависимости розничного товарооборота от доходов населения. Коэффициент корреляции, равный $r_{xy} = 0,998849$, свидетельствует о весьма тесной прямой линейной связи. Можно сказать, розничная торговля буквально «зеркалит» динамику доходов населения: рост заработной платы практически синхронно отражается на линейном увеличении потребительских расходов. Однако следует помнить, что выявленная синхронность может объясняться использованием годовых данных, которые нивелируют возможные временные лаги. Для более глубокого анализа краткосрочной динамики и выявления возможного запаздывания реакции планируется использовать квартальные или месячные данные.

На основе годовых данных построена следующая модель:

$$\hat{y}_t = 11230391 + 34690 x_{(12,41458) \quad (55,08495)}$$

Оба коэффициента статистически значимы, уравнение в целом признается статистически значимым, $R^2 = 0,997369$, $F = 3034,4$. Статистика Дарбина – Уотсона $DW = 1,7 > 1,5$, что формально говорит об отсутствии проблемы автокорреляции остатков в модели на основе годовых данных [1]. Модель не является ложной, следовательно, может быть использована в целях анализа и прогнозирования.

Очевидным выводом является заключение о росте розничного товарооборота на 34 690 руб. с ростом среднемесячной заработной платы на 1 руб. При средней зарплате в 2 700 руб., ожидаемой в 2026 г., средний ожидаемый объем розничной торговли составит 104 892 978 тыс. руб.

Литература

1 Хацкевич, Г. А. Эконометрика: учебник для студентов учреждений высшего образования / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Мн.: РИВШ, 2021. – 452 с.

А. В. Славников
(БГУ, Минск)

ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ МОДЕЛИ СЕМИВАРИОГРАММЫ ИСХОДНЫМ ДАННЫМ

Результаты кригинга существенно зависят от модели семивариограммы и ее параметров, поэтому проверка соответствия модели семивариограммы исходным данным является важным этапом, при построении прогнозов интерполяционным методом кригинга.

В данной работе выработаны рекомендации при применении критерия Хотеллинга [1] для проверки модели семивариограммы. Для этого было смоделировано по 150 отсчетов стационарных в широком смысле

случайных процессов с тремя различными ковариационными функциями с использованием языка программирования python, оценена точность моделирования каждого из процессов, также проведены тесты Колмогорова-Смирнова, Крамера-Мизеса и Шапиро-Уилка для подтверждения гипотезы о нормальности полученных выборок и тест Дики-Фуллера для подтверждения гипотезы о стационарности.

Далее был применен критерий Хотеллинга, в итоге предложены следующие практические рекомендации:

1 Моделирование минимум 20 наборов отсчетов случайного процесса.

2 Количество лагов для проверки близкое к числу моделирований.

3 Подбор параметров модели с помощью метода взвешенных наименьших квадратов (большие веса даются ошибкам, соответствующим лагам, которые находятся на интервале корреляции).

4 Оптимальное расположение лагов для проверки – половина лагов равномерно на интервале корреляции, половина – вне интервала корреляции.

Литература

1 Ortiz Cabrera, Julián; Leuangthong, Oy. A practical approach to validate the variogram reproduction from geostatistical simulation. Technical Report 125, CCG Annual Report 9, Edmonton, AB: [site]. – 2007. – URL: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/125293> (date of access: 02.10.2025).

В. С. Сошенко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ЦЕНАМИ НА ЖИЛЬЕ В ОБЛАСТНЫХ ГОРОДАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В рамках исследования был выполнен анализ динамики среднего уровня цен (в долл. США) на один квадратный метр жилой недвижимости в областных городах Республики Беларусь.

Информационной базой послужили данные, охватывающие временной промежуток с января 2024 по сентябрь 2025 года [1]. Для выявления основных тенденций и зависимостей применялись методы статистического анализа, включая корреляционный анализ и однофакторный дисперсионный анализ [2–4]. Итогом проведенной работы стало установление ключевых закономерностей изменения изучаемого показателя.

Описательная статистика помогла выявить общие тенденции между ценами на один квадратный метр жилой недвижимости в областных городах. Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил отсутствие статистически значимых различий между ежемесячными приростами цен на жильё в областных городах и указал на относительно однородную ситуацию по городам, а корреляционный анализ выявил слабые взаимосвязи между приростами цен.

Полученные результаты могут быть полезны в нескольких направлениях: во-первых, для риелторов и оценщиков, которым важно учитывать локальную специфику, а не полагаться на усредненные общенациональные показатели. Во-вторых, для аналитиков рынка недвижимости при построении прогнозных моделей, где каждый город требует отдельного расчета. В-третьих, для потенциальных покупателей, позволяя рассматривать межрегиональные сделки как способ хеджирования рисков.

Литература

1 Realt.by: Официальные статистические данные Крупнейшей онлайн-площадки для поиска и аналитики недвижимости в Беларуси. Статистика в городах Беларуси – Мн., 2025. – URL: <https://realt.by/statistics/> (дата обращения: 01.10.2025).

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

3 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

4 Андронов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринглаз. – СПб.: Питер, 2004. – 461 с.

А. Н. Старовойтова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАСЛА ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ TOPSIS И VIKOR

В работе рассмотрены два метода: TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) и VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). Первый ориентирован на нахождение альтернативы, максимально близкой к «идеальному» решению, второй – на компромиссное решение, учитывающее баланс между общей полезностью и наихудшим отклонением [1–2].

Для анализа использованы восемь видов масел (растительные, животные, синтетические), различающиеся по физико-химическим и эксплуатационным характеристикам. Критерии выбора включали стоимость, вязкость, устойчивость к температурным изменениям, экологичность и надёжность.

Программная реализация выполнена на языке Python с использованием библиотек NumPy и Pandas, что позволило автоматизировать процесс нормализации данных, расчёта весов и ранжирования альтернатив.

Разработанное приложение включает: ввод исходных данных по характеристикам масел; нормализацию и взвешивание критериев; расчёт расстояний и индексов TOPSIS и VIKOR; ранжирование альтернатив и визуализацию результатов.

Результаты показали различия в ранжировании масел: метод TOPSIS выделил наиболее «идеальную» альтернативу, а метод VIKOR предложил компромиссное решение. Это подчёркивает важность выбора метода в зависимости от целей анализа.

Применение разработанного подхода может быть адаптировано для выбора материалов, поставщиков и других объектов анализа.

Литература

- 1 Демидовский, А. В. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений / А. В. Демидовский // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 4. – С. 55–62.
- 2 Hwang, C. L. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications / C. L. Hwang, K. Yoon. – NY.: Springer, 1981.

Д. Д. Тарасенко
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СКРЫТАЯ МЕХАНИКА ОЧЕРЕДЕЙ: УРАВНЕНИЯ ЧЕПМЕНА-КОЛМОГОРОВА В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В данной работе рассмотрены марковские случайные процессы, описывающие переходы системы между состояниями во времени, например, положение в очереди или уровень загрузки сервера. Эти процессы обладают ключевым свойством марковскости: вероятность будущего состояния зависит только от текущего, а не от всей предыстории. Схема уравнения Чепмена-Колмогорова для вычисления вероятности перехода из состояния i в j за интервал от s до t представлена ниже:

$$p_{ij}(s, t) = \int p_{ik}(s, u) p_{kj}(u, t) dk,$$

где коэффициенты $p(s, u)$ и $p(u, t)$ - переходные вероятности через промежуточное время u , а интеграл по k суммирует вклады всех возможных промежуточных состояний в непрерывном пространстве. Данная система состоит из трех основных элементов: разбиения длинного интервала $[s, t]$ на короткие шаги для численного моделирования, марковское свойство (будущее зависит только от настоящего) и взвешивания траекторий по вероятностной плотности, где траектории через высоко вероятные состояния усиливают вклад, а маловероятные – ослабляют. Для дискретного случая уравнение принимает вид матричного умножения: $P(s, t) = P(s, u) * P(u, t)$, что позволяет эффективно вычислять переходы для любых интервалов.

Уравнения Чепмена-Колмогорова [1] являются основными инструментами в арсенале теории очередей, предлагая систематический подход к прогнозированию и управлению потоком клиентов через различные системы обслуживания.

Литература

1 ScienceDirect The Kolmogorov Equation Chapman: [site]. – 2026. – URL:<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/chapman-kolmogorov-equation> (date of access: 02.02.2026).

А. В Тесля, Ю. В. Малинковский
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРЕДЕЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕТИ ДЖЕКСОНА С ЦИКЛОМ И ДВУМЯ ВЫХОДЯЩИМИ ПОТОКАМИ

Рассматривается открытая трёхузловая сеть Джексона с циклической маршрутизацией. Внешний пуассоновский поток интенсивностью λ поступает в узел 1. Интенсивности экспоненциального обслуживания узлов: μ_1, μ_2, μ_3 . Правила маршрутизации: из узла 1 заявка направляется в узел 2 с вероятностью $1/4$ и в узел 3 с вероятностью $3/4$; из узла 2 заявка покидает сеть; из узла 3 заявка с вероятностью $1/2$ возвращается в узел 2 и с вероятностью $1/2$ покидает сеть.

Составлены уравнения трафика:

$$\lambda_1 = \lambda, \lambda_2 = \frac{1}{4}\lambda_1 + \frac{1}{2}\lambda_3, \lambda_3 = \frac{3}{4}\lambda_1.$$

Решение системы уравнений трафика:

$$\lambda_1 = \lambda, \lambda_2 = \frac{5\lambda}{8}, \lambda_3 = \frac{3\lambda}{4}.$$

Найдены условия эргодичности:

$$\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1} < 1, \rho_2 = \frac{5\lambda}{8\mu_2} < 1, \rho_3 = \frac{3\lambda}{4\mu_3} < 1.$$

Согласно теореме Джексона, стационарное распределение единственное и имеет мультипликативную форму:

$$p(n_1, n_2, n_3) = (1 - \rho_1)\rho_1^{n_1} \cdot (1 - \rho_2)\rho_2^{n_2} \cdot (1 - \rho_3)\rho_3^{n_3}.$$

Проведен численный анализ при $\lambda = 4, \mu_1 = 6, \mu_2 = 5, \mu_3 = 5$ заявок/час: $\rho_1 \approx 0,667, \rho_2 = 0,5, \rho_3 = 0,6$. Среднее число заявок в сети $L = 4,5$; среднее время пребывания $W = 1,125$ ч. Интенсивности выходных потоков: 2,5 и 1,5 заявок/час. Критическая нагрузка $\lambda_{крит} = 6$ заявок/час. Первый узел является узким местом системы.

Полученные результаты имеют практическую значимость для анализа и оптимизации реальных систем с аналогичной структурой. Исследуемая модель может быть применена при проектировании вычислительных

сетей с обратной связью, где пакеты данных требуют повторной обработки, в логистических цепочках с возвратными потоками товаров, а также в производственных системах с циклами контроля качества и доработки бракованной продукции. Мультипликативная форма распределения существенно упрощает расчёт характеристик эффективности и позволяет прогнозировать загрузку оборудования при различных интенсивностях входного потока.

С. А. Халди

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТКА ПО БАНКОВСКОМУ СЧЕТУ

Очевидно, что совокупность остатков на счете представляет собой упорядоченную во времени последовательность числовых значений, а значит, образует временной ряд (далее – ВР) [1]. В ходе проделанной работы из транзакционных данных, представленных банковскими выписками по счету, были сформированы ежедневные ВР остатков средств с восстановлением пропущенных дат. Для анализа свойств ВР использовались тесты стационарности Дики-Фуллера (ADF) и KPSS, автокорреляционный анализ (ACF, PACF), а также STL-декомпозиция. Для прогнозирования остатка были реализованы и сравнены сезонная наивная модель, а также модели ARMA, ARIMA, SARIMA и экспоненциального сглаживания Хольта-Уинтерса. Как видно из рисунка 1, реализованные модели демонстрируют различное поведение при прогнозировании, что связано с особенностями структуры исследуемого ВР.



Рисунок 1 – Сравнение прогнозов моделей для временного ряда

Таким образом, применение единой универсальной модели прогнозирования для персональных финансовых данных является неэффективным, наиболее устойчивые прогнозы достигаются при предварительном анализе свойств ВР и адаптивном выборе модели.

Литература

1 Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. – 410 с.

В. А. Яцко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

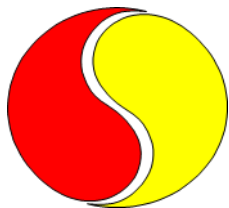
Исследовались официальные статистические данные Белстата о номинальной начисленной среднемесячной заработной плате по 130 административно-территориальным единицам Республики Беларусь за 2025 г.: областным центрам, городам областного подчинения и районам. Целью исследования являлось выявление аномалий и диспропорций, их содержательная интерпретация. Проведен разведочный анализ данных, проанализированы описательные статистики, использовались методы визуализации данных и исследования формы распределения.

Идентификация выбросов проведена методом Тьюки. Медианная начисленная среднемесячная зарплата составила 2 137,55 руб., нижний квартиль $Q1 = 1\,990$, верхний $Q2 = 2\,338,70$. Межквартильный размах $IQR = 348,60$ – разрыв между «богатыми» и «бедными» районами. Границы для выявления выбросов: нижняя – $Q1 - 1,5 \times IQR = 1\,467,20$, верхняя $Q3 + 1,5 \times IQR = 2\,861,60$. Пять наблюдений имеют зарплату выше верхней границы – Минск (3 604,1; столица), Минский район (3 360,4), Островецкий район (3 281,0; РУП «Белорусская АЭС»), Солигорский район (3 250, 2; калийная промышленность, ОАО «Беларуськалий»), Речицкий район (2 925,2; нефтедобыча, ПО «Белоруснефть»). Отклонения зарплат в этих регионах от среднего уровня составляют от +32 % до +63 %. Кроме того,

выделяется г. Жодино (2 731,8, ОАО «БелАЗ»), который формально не является выбросом.

Районов с зарплатой ниже нижней границы не выявлено, что свидетельствует об отсутствии проблемы сверхнизких зарплат. Однако районы с минимальными значениями (Шарковщинский – 1707,5 руб., Россонский – 1802,3, Краснопольский – 1817,8, Славгородский – 1826,5) требуют внимания с точки зрения социально-экономической политики.

Распределение данных имеет правостороннее смещение. Уровень зарплат в большинстве районов страны существенно ниже, чем в городах-лидерах. Это подтверждает гипотезу о наличии устойчивых территориальных диспропорций. Из-за правостороннего смещения средняя арифметическая зарплата по всем 130 регионам будет выше медианной.



АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

Алгебра и геометрия

¹Л. В. Иванова, ²В. И. Мурашко

(¹ВГУ имени П. М. Машерова, Витебск; ²ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

О ЦЕНТРАЛЬНО НАСЫЩЕННЫХ ФОРМАЦИЯХ ФИТТИНГА

Рассматриваются только конечные группы. Теория классов групп, включающая теорию формаций Фиттинга, является одним из центральных направлений теории конечных групп. Ее истоки восходят к общей теории радикалов в алгебре, созданной в работах А. Г. Куроша и С. А. Амитсура. Дальнейшим развитием в этом направлении стала теория радикалов в группах, над которой работали А. Г. Курош и Б. И. Плоткин. Данная теория является предшественником теории формаций и классов Фиттинга. Важный результат был получен Р. А. Брайсом и Дж. Косси: в классе разрешимых групп всякая наследственная формация Фиттинга является насыщенной формацией. В последующие десятилетия были построены многочисленные примеры и обобщения. Большой вклад в развитие теории формаций и классов Фиттинга внесли также Л. А. Шеметков, А. Н. Скиба, С. Ф. Каморников, Н. Т. Воробьев, А. Ф. Васильев и другие. Однако, проблема полной классификации всех формаций Фиттинга даже в классе разрешимых групп до сих пор остается открытой.

В 1997 году Л. А. Шеметков поставил задачу [1]: описать все формации конечных групп $\mathfrak{F}$, совпадающие с классом групп, у которых все главные факторы -центральны. Начало ее решению положили А. Баллестер-Болиншес, М. Д. Перес-Рамос [2] и В. И. Мурашко [3].

Настоящая работа посвящена ее частному случаю: описанию центрально насыщенных формаций Фиттинга. С одной стороны, это

продвижение в решении исходной задачи Шеметкова для важного класса групп. С другой стороны, это вклад в другую фундаментальную проблему: полную классификацию всех формаций Фиттинга разрешимых групп, которая до сих пор не решена.

Напомним, что главный фактор H/K группы G называется – центральным, если $(H/K) \rtimes (G/C_G(H/K)) \in \mathfrak{F}$, где $\mathfrak{F}$ – класс групп. Формацию $\mathfrak{F}$, содержащую всякую группу, у которой все главные факторы $\mathfrak{F}$ -центральны, называют центрально насыщенной [3] (или Z -насыщенной). Нами доказана следующая

Теорема. Пусть $\mathfrak{F}$ – Z -насыщенная формация Фиттинга и G – группа. Тогда $\mathfrak{F}$ -радикал группы $C_G(G_{\mathfrak{F}})G_{\mathfrak{F}}/G_{\mathfrak{F}}$ является единичной группой.

Литература

- 1 Shemetkov, L. A. Frattini extensions of finite groups and formations / L. A. Shemetkov // Communications in Algebra. – 1997. – Vol. 25, № 3. – P. 955–964.
- 2 Ballester-Bolinches, A. On a question of L. A. Shemetkov / A. Ballester-Bolinches, M. D. Perez-Ramos // Communications in Algebra. – 1999. – Vol. 27, № 11. – P. 5615–5618.
- 3 Мурашко, В. И. К вопросам Шеметкова, Баллестера-Болиншеса и Перес-Рамос теории конечных групп / В. И. Мурашко // Математические заметки. – 2022. – Т. 112, № 6. – С. 839–849.

А. Г. Коранчук

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

О ВЛИЯНИИ КОММУТАНТОВ НЕКОТОРЫХ СИЛОВСКИХ НОРМАЛИЗАТОРОВ НА СТРОЕНИЕ КОНЕЧНОЙ ГРУППЫ

Все исследуемые группы являются конечными. Для краткости условимся под силовским нормализатором понимать нормализатор силовской подгруппы.

Под $\pi(G)$ понимается множество простых чисел, делящих порядки групп G . Силовские нормализаторы и содержащиеся в них подгруппы существенно влияют на строение всей группы (см., например, [1–3]).

В статье [4] для группы G символом $\tau(G)$ обозначается множество всех простых чисел p , таких что в G существует максимальная подгруппа M , для которой p делит $|G:M|$, то есть $\tau(G) = \bigcup \pi(G:M)$, где объединение берётся по всем максимальным подгруппам M группы G . Ясно, что множество $\tau(G)$ содержится в $\pi(G)$, однако не всегда совпадает с ним, например, для группы $G = \text{PSL}(2, 7)$. В то же время, если G – разрешимая группа, то $\tau(G) = \pi(G)$. Однако из равенства $\tau(G) = \pi(G)$ не всегда следует разрешимость группы G . В качестве примера выступает знакопеременная группа A_5 степени 5, для которой $\tau(A_5) = \{2, 3, 5\} = \pi(A_5)$.

Теорема. Группа G имеет нильпотентный коммутант тогда и только тогда, когда коммутант нормализатора силовской p -подгруппы из G субнормален в G для любого $p \in \tau(G)$.

Литература

- 1 Васильева, Т. И. Конечные группы с субнормальными корадикалами силовских нормализаторов / Т. И. Васильева, А. Г. Коранчук // Сиб. матем. журн. – 2022. – Т. 63, № 4. – С. 805–813.
- 2 Монахов, В. С. О нильпотентных корадикалах силовских нормализаторов конечной группы / В. С. Монахов // Сиб. матем. журн. – 2025. – Т. 66, № 4. – С. 683–688.
- 3 Васильев, А. Ф. Заметка о конечных группах с субнормальными корадикалами некоторых силовских нормализаторов / А. Ф. Васильев, Т. И. Васильева, А. Г. Коранчук // Труды Института математики НАН Беларуси. – 2025. – Т. 33, № 2. – С. 7–12.
- 4 Lu, J. Finite groups with certain normalizers of Sylow subgroups / J. Lu., W. Meng // Journal of Algebra and Its Applications. – 2019. – Vol. 18, № 6. – 1950101 (4 pages).

А. И. Кулыба, В. И. Мурашко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

КЛАССЫ КОНЕЧНЫХ ГРУПП С K - $\mathfrak{F}$ -СУБНОРМАЛЬНЫМИ $\mathfrak{H}$ -ПОДГРУППАМИ

В современной теории конечных групп важное место занимает изучение классов групп с заданным вложением систем их подгрупп. Важным примером таких вложений является F -субнормальность, введённая Т. Хоуксом для разрешимых групп и обобщённая Л. А. Шеметковым на произвольные конечные группы [1]. О. Кегель [3] ввёл понятие $\mathfrak{F}$ -достижимой (K - $\mathfrak{F}$ -субнормальной [2]) подгруппы. Есть достаточно работ по изучению групп с системами $\mathfrak{F}$ -субнормальных и K - $\mathfrak{F}$ -субнормальных подгрупп. Анализ работ показывает, что есть ещё нерешенные задачи, связанные с классами групп, определяемыми системами формационно субнормальных подгрупп. Решению одного из таких вопросов и посвящена настоящая работа.

Определение [2]. Пусть $\mathfrak{F}$ – класс групп. Подгруппа H группы G называется K - $\mathfrak{F}$ -субнормальной в G , если существует цепь подгрупп: $H = H_0 \leq H_1 \leq \dots \leq H_n = G$ такая, что либо $H_{i-1} \triangleleft H_i$, либо $H_i^{\mathfrak{F}} \leq H_{i-1}$ для $i = 1, \dots, n$.

Если $\mathfrak{F}$ – класс нильпотентных групп, получаем субнормальность.

Работа посвящена исследованию класса $f_{\mathfrak{H}}^K(\mathfrak{F})$, содержащего все группы, у которых каждая $\mathfrak{H}$ -подгруппа является K - $\mathfrak{F}$ -субнормальной.

Теорема. Пусть $\mathfrak{H}$ – насыщенный гомоморф, содержащий все циклические примарные группы. Если $\mathfrak{F}$ – наследственная насыщенная формация, то $f_{\mathfrak{H}}^K(\mathfrak{F})$ является наследственной формацией.

Литература

- 1 Шеметков, Л. А. Формация конечных групп / Л. А. Шеметков. – М.: Наука, 1978. – 271 с.
- 2 Ballester-Bolinches, A Classes of Finite Group / A. Ballester-Bolinches, L. M. Ezquerro. – Dordt.: Springer, 2006. – 385 p.
- 3 Kegel, O. H. Untergruppenverbände endlicher Gruppen, die den Subnormalteilverband echt enthalten / O. H. Kegel // Arch. Math. – 1978. – Vol. 30, № 3. – P. 225–228.

Я. А. Купцова, В. И. Мурашко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

О ПЕРЕСЕЧЕНИИ СЛАБЫХ $\mathfrak{F}$ -СУБНОРМАЛИЗАТОРОВ ВСЕХ $\mathfrak{H}$ -ПОДГРУПП КОНЕЧНОЙ ГРУППЫ¹

Все рассматриваемы группы конечны. Изучение субнормализаторов и их обобщений остается актуальной темой исследований в современном мире. В этой области значительный вклад внесли Р. В. Картер, исследовавший субнормализаторы, и Д. К. Граддон, который занимался изучением $\mathfrak{F}$ -субнормализаторов. Стоит отметить, что в случае произвольной подгруппы субнормализатор или $\mathfrak{F}$ -субнормализатор могут отсутствовать, поэтому А. Манн предложил идею слабого субнормализатора, который всегда существует, но может быть не единственным. Позже В.И. Мурашко и А.Ф. Васильевым было предложено понятие слабого K - $\mathfrak{F}$ -субнормализатора. По аналогии с этим понятием в работе [1] было введено понятие слабого $\mathfrak{F}$ -субнормализатора.

Определение. Подгруппа T группы G называется слабым $\mathfrak{F}$ -субнормализатором H в G , если H является $\mathfrak{F}$ -субнормальной в T , и если H является $\mathfrak{F}$ -субнормальной в $M \leq G$ и $T \leq M$, то $T = M$.

В данной работе рассматривается пересечение слабых $\mathfrak{F}$ -субнормализаторов всех $\mathfrak{H}$ -подгрупп группы G , обозначаемое через $I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(G)$, где $\mathfrak{H}$ – гомоморф [1]. В частности, нами был получен следующий результат.

Теорема. Пусть $\mathfrak{F}$ – наследственная формация, $\mathfrak{H}$ – насыщенный гомоморф, G – группа и $N \triangleleft G$.

Тогда:

- (1) Если $L \leq G$, то $I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(L)N / N \leq I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(LN / N)$.
- (2) Если $N \leq I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(G)$, то $I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(G / N) = I_{\mathfrak{H}}^{\mathfrak{F}}(G) / N$.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ-РНФ М, проект Ф23РНФМ 63).

Литература

1 Купцова, Я. А. О пересечении слабых $\mathfrak{F}$ -субнормализаторов / Я. А. Купцова, В. И. Мурашко // «Мальцевские чтения»: тезисы докладов международной конференции, Новосибирск, 10-14 ноября 2025 г. / Институт математики имени Соболева сибирского отделения РАН – Нск., 2025 – С. 147.

Я. А. Купцова

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПОИСК ПРИМЕРОВ СЛАБО S_p - ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ ПОДГРУПП КОНЕЧНЫХ ГРУПП

Рассматриваются только конечные группы. На сегодняшний день существует мало работ, посвященных обобщениям понятий нормальности, основанных на арифметических свойствах групп [1,2], что подчеркивает актуальность данной темы.

Напомним [2], что подгруппа H группы G называется слабо S_p -перестановочной в G , если в G имеется субнормальная подгруппа K такая, что $G = HK$, $H_{sG} \leq K$ и $|(H \cap K):H_{sG}| - p'$ -число, где H_{sG} – подгруппа H порожденная всеми теми её подгруппами, которые S -перестановочны в G . Подгруппа H группы G называется S -перестановочной в G , если $HP = PH$ для всех силовских подгрупп P группы G .

Цель данной работы – найти нетривиальные примеры слабо S_p -перестановочных подгрупп в группах малых порядков. Для этого в GAP разработана функция FindSp(G, p). Результаты работы данной функции представлены в таблице 1. Вычисления выполнены с помощью GAP 4.13.1 на ноутбуке с процессором Intel(R) Core(TM) i7-4702MQ CPU @ 2.20GHz 2.20GHz с 2 Гб оперативной памяти.

Таблица 1 – Результат выполнения функции FindSp

Группа	Порядок	Простое число p	Количество слабо s_p -перес-тановочных подгрупп в группе	Функция FindSp
				Время, сек.
$C_3:(C_{25}:C_{16})$	1200	5	134	2,297
$C_{39} \times D_{50}$	1950	13	122	3,117
S_7	5040	7	11028	1107,015

Литература

- 1 Lv, Y. On c_p -normal subgroups of finite groups / Y. Lv, Y. Li // Communications in Algebra. – 2021. – Vol. 49, № 4. – P. 1405-1414.
- 2 Assad, M. On weakly s_p -permutable subgroups of finite groups / M. Assad, M. Bamadan // J. Algebra. – 2023. – Vol. 51, № 7. – P. 2811–2819.

Э. А. Лавренко

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КООРДИНАТНОГО МЕТОДА У ШКОЛЬНИКОВ

Координатный метод является универсальным инструментом, объединяющим алгебру и геометрию, который не только упрощает решение задач, но и формирует математическую культуру, необходимую для освоения как школьной, так и университетской программы. В ходе исследования был осуществлён анализ использования координатного метода в различных учебных предметах, что доказало его универсальность, однако рассмотрение программ и учебников выявило фрагментарность изложения материала без должной межпредметной интеграции. Исторический анализ показал, что координатный метод, эволюционировавший благодаря трудам Декарта и Ферма, является фундаментальной концепцией, соединяющей алгебру и геометрию через систему координат и алгоритмы перевода геометрических проблем на алгебраический язык. Разработанная система обучения учитывает специфику восприятия учащихся и подразумевает последовательное

освоение понятий с применением наглядных материалов и интерактивных заданий. Практическая ценность работы заключается в том, что предложенные методические принципы могут быть взяты на вооружение преподавателями для более результативного обучения, а направления будущих изысканий предполагают создание цифровых учебных материалов. Определение навыков, нужных для решения задач координатным методом, выявило, что учащимся необходимо обладать не только познаниями в алгебре и геометрии, но и умением логически рассуждать, анализировать данные, выбирать оптимальные пути решения и контролировать правильность результатов. Ключевым является развитие способности работать с формулами и уравнениями, а также переводить их в геометрическую интерпретацию.

Литература

1 Потеев, М. И. Информационные технологии, их классификация, использование в обучении, проектирование и сопровождение / М. И. Потеев // Образование и наука. – 2004. – № 3.

2 Бовин, А. В. Роль Интернет-технологий в организации учебной деятельности учащихся / А. В. Бовин // Школа. – 2006. – № 2.

Я. А. Михайлов

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЁТКИХ ПОДГРУПП ФРАТТИНИ В КОНЕЧНЫХ ГРУППАХ

Рассматриваются только конечные группы. В последнее время активно развивается нечёткая математика и нечёткая логика, в частности теория нечётких групп, которые находят значительные приложения в разработках ИИ. Напомним определение нечёткой подгруппы группы [1].

Определение 1. Пусть G – группа. Нечёткой подгруппой группы G называется множество G с функцией принадлежности $\mu: G \rightarrow [0,1]$, которая удовлетворяет условиям:

- 1) $\mu(a^{-1}) = \mu(a)$ для всех $a \in G$;
- 2) $\mu(ab) \geq \min\{\mu(a), \mu(b)\}$.

Важную роль в классической теории групп играет подгруппа Фраттини [2]. В работе [3] было введено понятие нечёткой подгруппы Фраттини $\Phi(\tilde{G})$ группы G и получены некоторые её свойства.

В данном сообщении мы продолжаем изучение свойств подгруппы $\Phi(\tilde{G})$.

Приведём понятие нечёткой максимальной подгруппы группы G .

Определение 2. Пусть $\tilde{G}$ – нечёткая подгруппа группы G . Нечёткая подгруппа $\tilde{M} \leq \tilde{G}$ называется максимальной нечёткой подгруппой в $\tilde{G}$, если:

- 1) $\tilde{M} \neq \tilde{G}$;
- 2) для любой нечёткой подгруппы $\tilde{H} \leq \tilde{G}$ из условия $\tilde{M} \subseteq \tilde{H} \subseteq \tilde{G}$, следует либо $\tilde{H} = \tilde{M}$, либо $\tilde{H} = \tilde{G}$.

Здесь $\tilde{M} \subseteq \tilde{H}$ обозначает $\mu_{\tilde{M}}(x) \leq \mu_{\tilde{H}}(x)$ для всех $x \in G$, а $\tilde{M} = \tilde{H}$ обозначает $\mu_{\tilde{M}}(x) = \mu_{\tilde{H}}(x)$ для всех $x \in G$.

Определение 3. Пусть $\tilde{G}$ – нечёткая подгруппа группы G . Обозначим через $\mathcal{M}$ множество всех её максимальных нечётких подгрупп. Нечёткой подгруппой Фраттини $\Phi(\tilde{G})$ называется:

$$\Phi(\tilde{G}) = \bigcap_{\tilde{M}_i \in \mathcal{M}} \tilde{M}_i, \text{ где } \mu_{\Phi(\tilde{G})}(x) = \min_{\tilde{M} \in \mathcal{M}} \mu_{\tilde{M}_i}(x),$$

если $\mathcal{M} \neq \emptyset$, в противном случае полагаем $\Phi(\tilde{G}) = \tilde{G}$.

Определение 4. Пусть $\tilde{A}$ – нечеткая подгруппа группы G . $\tilde{A}$ называется нормальной нечеткой подгруппой группы G , если для всех $x, y \in G$ выполняется

$$\mu_{\tilde{A}}(xux^{-1}) \geq \mu_{\tilde{A}}(y).$$

В работе [3] были получены некоторые свойства нечёткой подгруппы $\Phi(\tilde{G})$, в частности, доказано, что $\Phi(\tilde{G})$ является характеристической (нормальной) нечеткой подгруппой. Нами были установлены и другие свойства $\Phi(\tilde{G})$, в частности, доказана.

Теорема. Пусть G – группа и N – её нормальная подгруппа. Тогда $\Phi(\tilde{N}) \subseteq \Phi(\tilde{G})$.

Литература

- 1 Mordeson, John N. Fuzzy Group Theory / John N. Mordeson, Kiran N. Bhutani, Azriel Rozenfeld. – BHNy: Springer, 2005.
- 2 Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов: учеб. пособие / В. С. Монахов. – М.: Выш. шк., 2006 – 207 с.
- 3 Ejegwa, P. A. Frattini fuzzy subgroups of fuzzy groups / P. A. Ejegwa, J. A. Otuwe // Journal of Universal Mathematics. – 2019. – Vol. 2, № 2. – P. 175–182.

Я. А. Санцевич
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПОИСК ЭЛЕМЕНТОВ МАКСИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА ПОДГРУППЫ КОНЕЧНОЙ ГРУППЫ

Рассматриваются только конечные группы. Задача нахождения элементов максимального порядка в подгруппах конечной группы является важной задачей в теории групп, направленной на изучение структуры алгебраических объектов. Элементы максимального порядка играют значимую роль в классификации подгрупп и понимании их свойств.

Напомним [1], что порядком элемента g называется наименьшее натуральное число k , при котором $g^k = e$. А элементом максимального порядка в подгруппе H является элемент с самым большим порядком в H .

На языке программирования GAP для произвольной конечной подгруппы была разработана функция `ElementsOfMaximalOrder`, которая находит все максимальные элементы группы G и выводит их количество. Для демонстрации применения данной функции в таблице 1 приведем примеры по время её выполнения (в секундах) в GAP 4.13.1 на ноутбуке с процессором Intel(R) Core(TM) i5-1035G CPU 1.00 GHz с 2 ГБ RAM.

Таблица 1 – Результат выполнения функции `ElementsOfMaximalOrder`

Группа	Порядок группы	Количество максимальных элементов в группе	Порядок максимального элемента в группе	Время, сек.
S_5	120	20	6	0,047
S_{10}	3628800	120960	30	1,422
S_{12}	479001600	7983360	60	318,844
$(C_2)^{10}$	1024	1023	2	0,125
C_{12}	12	4	12	< 0,001
A_5	60	24	5	0,031
D_{88}	88	20	44	< 0,001

Литература

1 Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов: учебное пособие / В. С. Монахов. – М.: Выш. шк., 2006. – 207 с.

О. А. Семенюк

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

МЕТОД ДВУСТОРОННЕЙ ОЦЕНКИ В ИССЛЕДОВАНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ УРАВНЕНИЙ С ПАРАМЕТРОМ

Использование метода двусторонней оценки при решении уравнений зачастую основывается на следующем утверждении [1].

Теорема 1. Пусть $D \subset R$, $f : D \rightarrow R$, $g : D \rightarrow R$. Если существует $A \in R$, такое, что для любых $x \in D$ $f(x) \leq A$ и $g(x) \geq A$, то уравнение

$$f(x) = g(x) \text{ равносильно системе } \begin{cases} f(x) = A, \\ g(x) = A. \end{cases}$$

В качестве примера рассмотрим, при каких значениях параметра $a \in (2; 7)$ уравнение $\log_2 \left(1 + \sin^2 \left(\frac{\pi x}{2} + \frac{5\pi}{12} \right) \right) = |\cos ax| - 1$ имеет решения на отрезке $[1; 2]$. Пусть $f(x) = \log_2 \left(1 + \sin^2 \left(\frac{\pi x}{2} + \frac{5\pi}{12} \right) \right)$, $g(x) = |\cos ax| - 1$. Очевидно, что $\forall x \in R \quad f(x) \geq 0$, $g(x) \leq 0$. С учётом теоремы 1, делаем вывод, что уравнение равносильно системе уравнений

$$\begin{cases} \log_2 \left(1 + \sin^2 \left(\frac{\pi x}{2} + \frac{5\pi}{12} \right) \right) = 0, \\ |\cos ax| - 1 = 0. \end{cases} \quad (1)$$

В силу того, что мы ищем решения только на отрезке $[1; 2]$, первое уравнение системы (1) имеет смысл только при $x = \frac{7}{6}$. Решая второе уравнение системы (2), и учитывая, что $a \in (2; 7)$, приходим к выводу, что $a = \frac{6\pi}{7}, \frac{12\pi}{7}$.

Литература

1 Литвиненко, В. Н. Практикум по элементарной математике: Алгебра. Тригонометрия: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. пед. ин-тов. / В. Н. Литвиненко, А. Г. Мордкович. – М. : «ABF», 1995. – 352 с.

А. С. Урунова, В. В. Аниськов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНИМЕТРИИ МЕТОДАМИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

Задачи школьной геометрии могут быть решены с использованием методов аналитической геометрии гораздо более продуктивно [1].

Рассмотрим, например, такую задачу. Окружность вписана в один из углов треугольника таким образом, что она пересекает сторону, которая лежит напротив этого угла. При этом известны стороны треугольника и радиус окружности. Требуется найти длину хорды.

Рассмотрим вначале более простой вариант задачи. Пусть треугольник будет прямоугольный. Для школьной геометрии задача нахождения длин отрезков, на которые окружность точками пересечения делит гипотенузу, может оказаться достаточно трудоемкой. С другой стороны, решение этой задачи методами аналитической геометрии значительно упрощается, если выбрать подходящую систему прямоугольных координат. Это наиболее целесообразно сделать таким образом, чтобы вершина прямого угла располагалась бы в начале координат, а катеты находились на положительных направлениях оси абсцисс и оси ординат. В этом случае легко находятся координаты двух других вершин и координаты центра окружности. Останется составить уравнения гипотенузы и окружности и, объединив уравнения в систему, найти координаты точек пересечения.

Теперь рассмотрим более сложный вариант условия. Пусть треугольник будет произвольный. Тогда для школьной геометрии, решение может оказаться гораздо более трудоемким. В то же время использование методов аналитической геометрии потребует только дополнительных действий для нахождения координат точек. Остальные действия будут аналогичны.

Литература

1 Аниськов, В. В. К вопросу использования методов аналитической геометрии при решении стереометрических задач / В. В. Аниськов // Современное образование: преемственность и непрерывность образовательной системы «Школа-университет-предприятие»: материалы XIV междунар. науч.-мет. конф., Гомель, 2 февраля 2023 г. – Гл: ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – С. 34–36.

Е. А. Цыбин

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АЛГОРИТМ ИНДЕКСНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИСКРЕТНОГО ЛОГАРИФМИРОВАНИЯ В КОНЕЧНЫХ ПОЛЯХ

Проблема дискретного логарифмирования является важной проблемой современной криптографии так, как стойкость различных криптосистем и протоколов зависит от вычислительной сложности решения этой задачи.

Цель работы – исследовать алгоритм индексирования для решения задачи дискретного логарифмирования и сделать вывод о возможности использования дискретного логарифма в современных криптосистемах.

На языке C++ с использованием библиотеки NTL реализована программная модель алгоритма индексного исчисления. Проведено тестирование алгоритма на полях, с разрядностью до 100 бит. Экспериментально подтверждена теоретическая оценка сложности: время предварительных вычислений растёт субэкспоненциально.

Способность решать задачу дискретного логарифмирования всецело зависит от структуры группы, в которой задача была задана. Если в группе нет никаких дополнительных надстроек кроме операции группы и обратных элементов, то доказано, что проблема дискретного логарифмирования требует как минимум $O(\sqrt{N})$ времени, где N – порядок группы. Это хорошие новости для тех, кто желает использовать дискретные логарифмы в криптографии. Тем не менее, открытым вопросом остаются группы, образованные эллиптическими кривыми.

Литература

1 A subexponential algorithm for the discrete logarithm problem with applications to cryptography: proc. of the 20th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS 1979) / IEEE Computer Society. – San Juan: IEEE Computer Society, 1979. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4568367>. (date of access: 10.02.2026).

2 A general framework for subexponential discrete logarithm algorithms – Palaiseau: École Polytechnique, 2000. – URL: <https://inria.hal.science/inria-00512717/document>. (date of access: 12.02.2025).

П. С. Шкандратова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

НЕЧЕТКИЕ ПОДГРУППЫ В ГРУППАХ ШМИДТА: ПОДСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА

Теория нечетких множеств сопоставляет каждому элементу множества число из $[0;1]$ – степень принадлежности. Применение этих идей к теории групп было развито в монографии [1].

Пусть G – группа. Отображение $\mu: G \rightarrow [0;1]$ называют нечеткой подгруппой, если: $\mu(xy) \geq \min\{\mu(x), \mu(y)\}$, $\mu(x^{-1}) = \mu(x)$, $\mu(e) = 1$, e – единица.

Для конечных групп справедлива теорема о цепях: каждая нечеткая подгруппа однозначно задается цепью обычных подгрупп $\{e\} = H_0 \subset \dots \subset H_k = G$ и убывающей последовательностью уровней $1 = t_0 > \dots > t_k \geq 0$. Нечеткие подгруппы изоморфны, если их цепи совпадают с точностью до сопряжения.

Группы Шмидта были введены О. Ю. Шмидтом. Конечная группа называется группой Шмидта, если она сама не нильпотентна, но все ее собственные подгруппы нильпотентны.

В системе GAP [2] реализована функция `FuzzySubgroupsCount`, выполняющая прямой перебор всех возможных цепей подгрупп с учетом сопряженности. Вычисления проводились в системе компьютерной алгебры GAP 4.13.1 на ноутбуке с процессором Intel(R) Core(TM) i7-4702MQ CPU @ 2.20GHz с 2 ГБ.

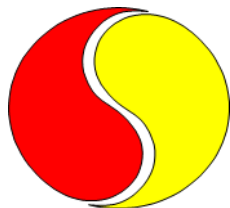
Таблица 1 – Результат выполнения функции FuzzySubgroupsCount

G	Количество нечетких подгрупп	Типы цепочек
S_3	3	$\{e\} \subset G; \{e\} \subset Z_2 \subset G; \{e\} \subset Z_3 \subset G$
A_4	5	$\{e\} \subset G; \{e\} \subset Z_2 \subset G; \{e\} \subset Z_3 \subset G;$ $\{e\} \subset Z_2 \subset V_4 \subset G; \{e\} \subset V_4 \subset G$
D_{10}	3	$\{e\} \subset G; \{e\} \subset Z_2 \subset G; \{e\} \subset Z_5 \subset G$
$C_7:C_3$	3	$\{e\} \subset G; \{e\} \subset Z_7 \subset G; \{e\} \subset Z_3 \subset G$

Литература

1 Mordeson, J. N. Rosenfeld A. Fuzzy Group Theory. Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 182 / J. N. Mordeson, K. R. Bhutani. – BH: Springer-Verlag, 2005. – 299 p.

2 GAP System for Computational Discrete Algebra: обзор возможностей: [сайт]. –2026. – URL: <https://www.gap-system.org/> (дата обращения: 28.02.2026).



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

С. А. Ананич, С. М. Босяков
(БГУ, Минск)

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АУКСЕТИЧЕСКОГО ИМПЛАНТАТА В КОСТНОЙ ТКАНИ

В настоящее время при разработке имплантатов достаточно широко применяются ауксетики (материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона). Целью работы является установление закономерностей распределения напряжений в биомеханической системе «ауксетичный имплантат – костная ткань» при действии статической нагрузки на основании математического и конечно-элементного моделирования.

На основании модифицированной возвратной ячейки, представленной на рисунке 1, разработаны трехмерные периодические структуры для имплантации в модели длинных трубчатых костей после проведения секторальной резекции.

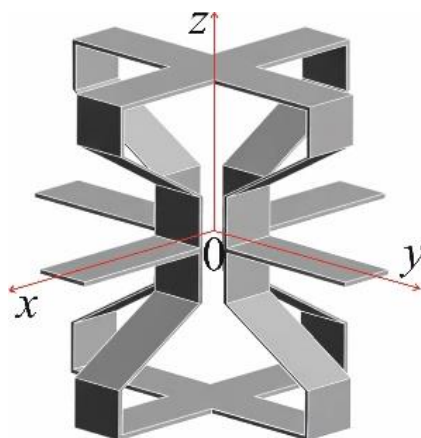


Рисунок 1 – Трехмерная модель трехмерной возвратной ячейки

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

Соотношения для постоянной упругости как функции геометрических параметров и свойств материала ячейки выведены для случаев осевого нагружения вдоль осей координатных осей [1]. В результате конечно-элементного моделирования получены закономерности распределения эквивалентных напряжений в костной ткани бедренной кости и ауксетичном имплантате, установленном в области пострезекционного дефекта при его различной локализации и геометрических размерах.

Работа выполнена при поддержке проекта Ф26КИ-056 БРФФИ.

Литература

1 Shoja-Senobar, M. An analytical investigation of elastic–plastic behaviors of 3D / M. Shoja-Senobar, E. Etemadi, E. M. Lezgy-Nazargah // Int. J. Mech. Mat. Des. – 2021. – Vol. 17. – P. 567–588.

Е. В. Беляева

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО МРТ-СНИМКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Задача автоматизированной диагностики опухолей головного мозга по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) является актуальной задачей медицинских интеллектуальных систем. Сложность визуальной интерпретации изображений и необходимость раннего выявления патологий обуславливают применение методов глубокого обучения.

Целью работы является разработка и анализ модели свёрточной нейронной сети (CNN) для классификации типов опухолей головного мозга по МРТ-снимкам. Рассматривается задача многоклассовой классификации, формально задаваемая отображением $f : X \rightarrow Y$, где X – пространство изображений, а $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ – множество классов опухолей.

В ходе исследования выполнена предварительная обработка данных: нормализация изображений, изменение разрешения, балансировка классов и разделение выборки на обучающую и тестовую подвыборки.

Реализована свёрточная нейронная сеть, включающая слои свёртки, функции активации ReLU, операции подвыборки и полносвязный классификатор с функцией Softmax. Обучение проводилось с использованием функции потерь cross-entropy и оптимизатора Adam.

По результатам тестирования точность классификации составила 92,07 %. Макро-усреднённое значение F1-меры достигло 0,918, что свидетельствует о сбалансированном качестве распознавания. Наибольшее значение F1 получено для класса «опухоль гипофиза» (0,982), минимальное – для класса «менингиома» (0,829). Большинство корректных предсказаний характеризуются высокой уверенностью модели (0,8–1,0).

Дополнительно разработано программное приложение, реализующее загрузку МРТ-снимка и автоматическое определение типа опухоли с визуализацией вероятностного распределения по классам. Полученные результаты подтверждают эффективность применения свёрточных нейронных сетей для задач медицинской диагностики и демонстрируют практическую применимость разработанной модели при анализе МРТ-изображений.

А. А. Васильева, С. М. Босяков
(БГУ, Минск)

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕДРЕННОЙ КОСТИ С ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫМ ИМПЛАНТАТОМ

Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения риска патологических переломов шейки бедра, особенно в условиях остеопороза [1]. Целью работы является анализ напряженно-деформированного состояния проксимального отдела бедренной кости после введения интрамедуллярных имплантатов с применением метода конечно-элементного моделирования.

На рисунке 1 представлена конечно-элементная модель бедренной кости с имплантатом, включая граничные условия. Рассмотрены случаи контакта на границе «костная ткань – имплантат», соответствующие полной и частичной остеоинтеграции. Нагрузка на бедренную кость принималась эквивалентной действию собственного веса человека.

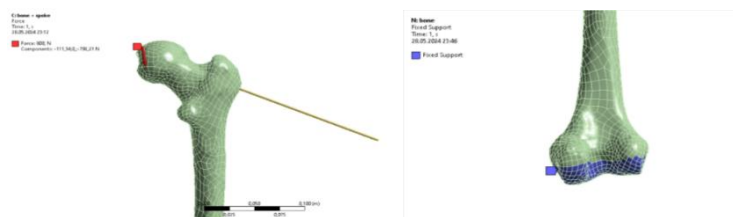


Рисунок 1 – Граничные условия

На основании вычислительного эксперимента установлено, что установка одной или двух интрамедуллярных спиц позволяет увеличить прочность шейки бедра приблизительно в 1,1. и 1,6 раз соответственно. При частичной остеоинтеграции напряжения в кости возрастают в 1,4 раза по сравнению с вариантом полной остеоинтеграции.

Таким образом, применение интрамедуллярных имплантатов способствует снижению нагрузки на проксимальный отдел бедренной кости. При этом ключевым условием обеспечения прочности является достижение полной остеоинтеграции.

Литература

1 Lazarev, L. A. Stress-deformed state of the proximal branch of the cell of fibrous dysplasia under conditions of osteosynthesis by different types of clamps / I. A. Lazarev [et al.] // Trauma. – 2015. – Vol. 16. – P. 49–56.

И. Г. Вежновец

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Главная проблема, которую сегодня решают информационные технологии в экономике и управлении, – это «асимметрия скорости». Скорость изменения рынков, поведения потребителей и логистических цепочек кратно превышает скорость обработки информации человеком. Бизнес и государство тонут в данных, но задыхаются без выводов [1, с. 45].

Но самым сложным и одновременно самым перспективным фронтом внедрения ИТ является «государственное управление».

Его ключевая проблема – не просто медлительность, а принципиальная закрытость и ведомственная разобщённость. Гражданин вынужден быть курьером, перетаскивающим справки из кабинета в кабинет. Информационные технологии решают эту проблему через «архитектуру платформ». «Госуслуги» и системы межведомственного электронного взаимодействия – это не перевод бумаги в пиксели. Это ликвидация самого понятия «справка» как товара. Данные перемещаются быстрее человека, и чиновник перестаёт быть монополистом информации [1, с. 112]. Более того, внедрение блокчейна в кадастр и реестры имущества решает проблему «доверия»: ни один регистратор не может задним числом подменить запись.

Таким образом, информационные технологии в экономике и управлении решили три фундаментальные задачи: победили разобщённость учётных систем, научились заглядывать в будущее через предиктивные модели и разрушили монополию государства на информацию.

Литература

1 Кузнецов, П. А. Цифровые платформы в управлении / П. А. Кузнецов. – М. : ИНФРА-М, 2023. – С. 78–102.

Л. Д. Вергунов

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОГО ОРУЖИЯ В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

Актуальность работы обусловлена растущей угрозой со стороны беспилотных летательных аппаратов и низколетящих ракет, чья электроника высокочувствительна к СВЧ-излучению.

При выполнении работы рационально использовать подход моделирования работы оружия в виде разработки приложения с трехмерным интерфейсом и настраиваемыми параметрами.

Использование языка Python с его богатым стеком, включающим библиотеки *NumPy*, *SciPy*, *Matplotlib* и специализированными библиотеками для электродинамического моделирования позволяет

строить и исследовать комплексные модели, объединяющие физику различных этапов работы системы. Для расчета формы и мощности выходного СВЧ-импульса используется метод конечных разностей во временной области. Расчет диаграммы направленности и коэффициента усиления антенной системы, зеркальной или рупорной, производится с использованием методов физической оптики. Библиотеки *NumPy/SciPy* подходят для решения систем дифференциальных уравнений (метод Рунге-Кутты), интегрирования и работы с массивами. Библиотека *Pandas* может быть использована для управления параметрами исследований и результатами. Наилучшим решением для конечной визуализации может быть библиотека *Matplotlib*, что может предоставить большой функционал для построения графиков распределений поля, диаграмм направленности, временных форм сигналов [1].

По итогам разработки приложения планируется работоспособная программная среда, позволяющая варьировать ключевые параметры, такие как мощность, частота, расстояние до цели, тип антенны, модель, способная к получению количественных зависимостей рабочих параметров.

Литература

1 Марков, Г. Антенны / Г. Марков, Д. Сазонов. – М.: Энергия, 1975. – 231 с.

А. А. Гаврилик

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ДИАГНОСТИКА НАЛИЧИЯ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ

Заболевания сердечно-сосудистой системы являются одной из главных причин смертности в мире, что обуславливает актуальность разработки эффективных методов их раннего выявления.

Современные методы машинного обучения предоставляют новые возможности для анализа медицинских данных и поддержки принятия врачебных решений.

В данной работе рассматривается применение методов логистической регрессии для бинарной классификации пациентов по риску наличия болезни сердца.

Целью исследования является сравнительный анализ эффективности простой и множественной логистической регрессии для диагностики сердечных заболеваний на основе физических характеристик пациентов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проведен анализ и предобработка открытого датасета Heart Disease UCI; выполнено статистическое исследование и визуализация данных для выявления наиболее значимых признаков; реализованы и обучены модели простой и множественной логистической регрессии; проведена оценка их качества с использованием метрик accuracy, precision, recall, F1-меры и матрицы ошибок; разработано пользовательское приложение с графическим интерфейсом на базе PyQt6 для практического применения полученных моделей.

Эксперименты показали, что множественная логистическая регрессия, использующая 13 признаков, демонстрирует более высокую точность классификации (82.6 %) по сравнению с простой моделью, основанной на одном наиболее информативном признаке (81.0 %).

Разработанное приложение позволяет вводить параметры пациента и получать интерпретируемую оценку риска с визуализацией ключевых факторов и персонализированными рекомендациями.

Таким образом, исследование подтверждает эффективность и практическую применимость методов логистической регрессии для создания инструментов поддержки принятия решений в кардиологии. Дальнейшее развитие работы может быть направлено на использование более сложных ансамблевых методов и нейросетевых моделей.

А. О. Галицкая
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 2000–2024 ГОДОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

В работе на основе статистических данных экономики РБ построены регрессионные факторные модели на основе двухфакторных линейных и степенных производственных функций (ПФ) типа Кобба-Дугласа для определения зависимости объема валового национального продукт (ВВП) Y_t от таких факторов как объем загруженного основного капитала K_t и средняя заработная плата по Республике Беларусь L_t .

По исходным данным выполнен регрессионный анализ и получена линейная (1) и степенная (2) производственная функция Кобба-Дугласа:

$$Y = 1015,083 + 0,287K + 0,54L \quad (1)$$

$$Y = 0,92K^{0,144}L^{0,84} \quad (2)$$

Результатом оценивания параметров функций статистических производственных функций (1) и (2) подтверждена эквивалентность указанных ПФ.

Проверка предпосылок МНК позволяет сделать вывод о надежности данной экономической модели и возможность выполнения на ее основе глубокого экономического анализа и решения задач планирования и прогнозирования экономического роста РБ.

Исследование свойств и характеристик статистических ПФ выполнено на примере полученной степенной производственной функции и представлен расчет средней эффективности производственных факторов: $A_{yk} = 1,1155$ и $A_{yl} = 0,9005$ и предельной эффективности производственных факторов:

$$M_{yk} = 0,1608 \text{ и } M_{yl} = 0,7610.$$

Литература

1 Мун, Де Ен. Моделирование экономического роста России и СССР: [монография] / Мун Де Ен. – Хбр: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – 192 с.

А. Д. Герад, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Известно, что, при практическом применении научных результатов для создания технических приложений, связанных с движением и соответствующим преобразованием координат, требуется решение нелинейных математических уравнений. Такие уравнения часто нужно решать много раз. Это требует больших вычислительных ресурсов. Распределённые вычисления позволяют решать сложные системы в реальном времени, что является актуальным для систем управления, навигации и прогнозирования в динамически изменяющихся условиях.

Система реализована на Python с использованием MPI4Py, NumPy и SciPy. MPI4Py обеспечивает строгую синхронизацию процессов. На каждой итерации метода Ньютона все процессы параллельно вычисляют вектор невязки. Каждый процесс формирует свою часть столбцов матрицы Якоби. Полная матрица собирается операцией Allgather. Полученная поправка передаётся всем процессам через Bcast. Главные критические секции – это Allgather при сборе Якоби и внутренняя синхронизация внутри солвера линейной системы. Именно они определяют основные сетевые задержки и точки барьерной синхронизации.

Предложенный метод позволяет эффективно масштабировать вычисления за счёт параллельного расчёта элементов матрицы Якоби на разных узлах. Распараллеливание итераций преодолевает ограничения одного сервера, минимизирует простои и повышает загрузку процессоров. В результате достигается ускорение решения и повышается надёжность: система продолжает работу при отказе узлов с использованием последнего сохранённого приближения без потери точности.

Литература

1 Метод Ньютона для решения систем нелинейных уравнений: [сайт]. – 2026 – URL: algowiki-project.org (дата обращения: 16.02.2026).

2 Ширяева, Е. В. Разработка препроцессора языка программирования Python для распределённых вычислений / Е. В. Ширяева [и др.] // Вестник Выч. центра ДВО РАН. – 2025. – № 14. – С. 45–58.

Г. С. Горошко, В. М. Рамиханов
(БелГУТ, Гомель)

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИХ ДИАГНОСТИКИ

Большинство трансформаторов систем электроснабжения страны отработали установленный срок службы, их эксплуатация невозможна или опасна. Проект важен для безопасности страны, т. к. позволяет выполнить импортозамещение технологий в области диагностики систем для энергетики. Мы сделали 3D-модели трансформаторов для анализа их состояний при различных дефектах, разработали и апробировали на предприятиях метод обнаружения дефектов при работе под нагрузкой на основе нейронных сетей.

Мы представляем единую систему диагностики, которая состоит из трёх ключевых элементов: во-первых, мы сделали точную 3D-модель конкретного трансформатора в ПО ANSYS и можем моделировать его работу в любых режимах. Это его «цифровой двойник». Во-вторых, наш аппаратный комплекс без вмешательства в конструкцию снимает все реальные параметры: температуру, токи, напряжения, мощности. Данные в реальном времени передаются в программу. В-третьих, искусственный интеллект сравнивает показания «цифрового двойника» и реального трансформатора. Любое отклонение – это сигнал о конкретной проблеме.

На практике это дает следующее: 1 Снижение затрат на 20–30 % за счёт точечного ремонта и отказа от ненужных замен. 2 Рост безопасности на 10–20 %, потому что большая часть диагностики теперь – на экране компьютера. 3 Критически важно, продление срока службы оборудования минимум на 10 лет. Суммарный экономический эффект для страны может составить сотни миллиардов рублей.

Наш проект – не теория. Цифровой двойник и комплекс готовы, запатентованы и уже внедрены на Белорусской железной дороге. Система подтвердила свою корректность в эксперименте.

В результатах разработки заинтересованы многие предприятия как в нашей стране, так и за рубежом.

Разработанный проект предлагает комплексное решение критической проблемы износа трансформаторов в энергосистеме страны. Созданная система на базе цифровых двойников, аппаратного мониторинга и нейросетей позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию. Это обеспечивает импортозамещение в диагностике, дает значительный экономический эффект (сотни миллиардов рублей), повышает безопасность и продлевает срок службы оборудования минимум на 10 лет. Решение уже успешно внедрено и подтвердило свою эффективность на практике.

М. А. Гундина, О. В. Юхновская
(БНТУ, Минск)

НАХОЖДЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НДС СТЕНТА В WOLFRAM MATHEMATICA

Wolfram Mathematica широко используется для решения задач механики разрушения и задач определения напряженно-деформированного состояния в окрестности концентраторов напряжений [1, 2]. Система реализует символьную параметризацию задачи на уровне определяющих уравнений, позволяя не только вычислять численные значения напряжений и деформаций, но и выводить аналитические зависимости, устанавливающие явную связь между геометрией ячейки стента и результирующим радиальным усилием. Так, например, возникновение аномальных значений напряжений в стенте из нитинола может быть обусловлено комплексным взаимодействием множества факторов, которые можно систематизировать по нескольким ключевым направлениям.

С точки зрения геометрии и конструкции, основным источником локальных концентраторов напряжений служит сама ячеистая структура стента. Материаловедческие аспекты играют критическую роль, особенно для нитинола, его поведение существенно нелинейно и зависит от фазового состояния. Численно-моделировочные факторы также могут имитировать или маскировать аномалии. Использование слишком крупной сетки конечных элементов в зонах высоких градиентов напряжений не позволяет корректно разрешить пиковые значения. Таким образом, аномалии в распределении напряжений редко имеют единственную причину; это, как правило, результат синергии геометрических, материальных, биомеханических и эксплуатационных факторов.

Литература

- 1 Гундина, М. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния цилиндра, подверженного давлению в упругопластическом случае / М. А. Гундина, О. В. Юхновская // Материалы 14-й междунар. конф. «Приборостроение – 2021», 17–19 ноября 2020 г. – Мн., 2021. – С. 266–267.
- 2 Гундина, М. А. Спектральный анализ сигнала в системе Wolfram Mathematica / М. А. Гундина // Наука и техника. – 2021. – Т 2, № 20. – С. 173–178.

Е. Д. Дубровщик

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦЕН НА НОУТБУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ

Современный рынок портативной электроники характеризуется высокой вариативностью технических характеристик устройств, что усложняет оценку их стоимости. Цена ноутбука формируется под влиянием множества параметров. Применение методов машинного обучения позволяет учитывать сложные нелинейные зависимости между признаками и повышать точность прогнозирования.

Цель работы – построение моделей машинного обучения на основе древовидных алгоритмов для прогнозирования стоимости ноутбуков.

Выполнена предварительная обработка данных, реализованы модели дерева решений, случайного леса, адаптивного и градиентного бустинга.

Исходный датасет содержал 893 записи, итоговый объем составил 892 признака. Категориальные признаки закодированы методом One-Hot Encoding. Данные разделены на обучающую, валидационную и тестовую выборки в соотношении 60–20–20. Для оценки качества использовались коэффициент детерминации R^2 , средняя абсолютная ошибка и среднеквадратичная ошибка.

Корреляционный анализ показал, что наибольшее влияние на цену оказывают объем оперативной памяти, количество ядер и потоков процессора, объем видеопамяти и размер накопителя.

Сравнительный анализ подтвердил преимущество ансамблевых методов над одиночным деревом решений. Наилучшие результаты продемонстрировала модель XGBoost ($R^2 = 0.790$, MAE = 175.5\$, RMSE = 302.3\$).

Дополнительно разработано программное приложение, реализующее прогнозирование в двух режимах: быстрый расчёт по ключевым признакам и расширенный анализ, использующий полный набор параметров. Приложение предоставляет выбор одной из четырёх моделей.

Разработанная система демонстрирует перспективность применения ансамблевых методов машинного обучения для задач автоматизированной оценки стоимости техники и может быть использована в сервисах электронной коммерции и аналитических системах.

Л. А. Калоша

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ОТРАЖАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Полимерные материалы благодаря характерным частотным дисперсионным характеристикам являются перспективными для создания композитов и функциональных элементов электродинамических систем с контролируемыми параметрами [1].

Проведен математический эксперимент с использованием программного продукта CST MICROWAVE STUDIO. Исследовалось рассеяние электромагнитного поля мегагерцового диапазона на металлической поверхности с покрытием из полимерного материала с дисперсией диэлектрической проницаемости в радиочастотном диапазоне. Результаты показали, что коэффициент отражения имеет значения ниже 10 дБ в диапазоне частот в то время, как при дискретных значениях диэлектрической проницаемости материала минимум узкий в пределах 1–10 МГц (рисунок 1).

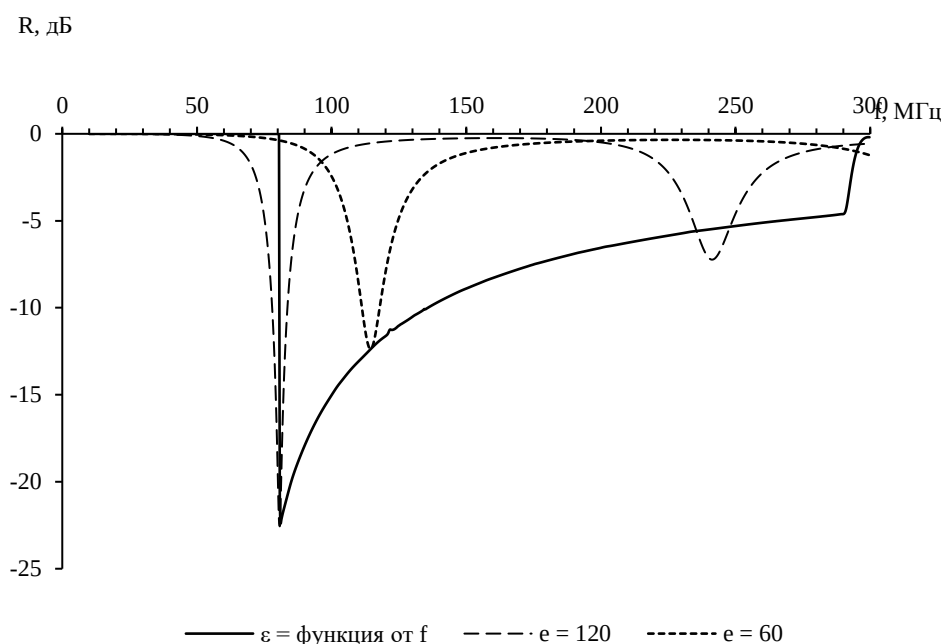


Рисунок 1 – Частотная зависимость коэффициента отражения R для различных значений диэлектрической проницаемости

Коэффициент прохождения во всех случаях не выше 1200 дБ. Тангенс угла диэлектрических потерь принимался равным 0,1.

Применение полимерных материалов, обладающих частотной дисперсией диэлектрической проницаемости, возможно для построения частотно-селективных поверхностей.

Литература

1 Dielectric elastomer actuators: materials and design / I. V. Bezsudnov, A. G. Khmel'nitskaia, A. A. Kalinina [et al.] // Russ. Chem. Rev. – 2023 / – Vol. 2, № 92. DOI: <https://doi.org/10.57634/RCR5070>.

О. В. Карась
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВЫСОКОТОЧНОЙ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Создание трехмерных моделей черепа человека на основе данных компьютерной томографии является критически важной задачей в современной медицине и биологии. Эти модели обеспечивают детальную визуализацию анатомии, необходимую для точной диагностики патологий, планирования сложных хирургических вмешательств, биомеханических исследований и изготовления персонализированных имплантатов методом 3D-печати [1].

Предлагаемый подход охватывает полный цикл обработки КТ-изображений, начиная с предобработки и сегментации. Целью сегментации является выделение костных структур и определение их контуров, что является основой для дальнейшего моделирования. Для трехмерной реконструкции широко применяются алгоритмы *Marching Cubes* и *Dual Contouring*. В то время как *Marching Cubes* может давать ступенчатые артефакты при низком разрешении, *Dual Contouring* обеспечивает создание более гладких и точных моделей с меньшим количеством полигонов, эффективно используя градиентную информацию.

Последующая обработка моделей критически важна для устранения типичных ошибок, таких как самопересечения, неразветвленные вершины и артефакты сканирования. Этот этап включает автоматическое исправление меша, выделение основной структуры (черепа), ремешинг для сглаживания и упрощение модели. В результате формируются высококачественные 3D-модели, пригодные для широкого спектра медицинских применений. Дальнейшее улучшение качества реконструкции возможно за счет оптимизации входных данных, адаптивных подходов и параллельной обработки.

Литература

1 Курочка, К. С. Алгоритм построения трёхмерной модели черепа человека на основе анализа КТ-изображений / К. С. Курочка, О. В. Карась // Информационные технологии и системы 2023 (ИТС 2023): материалы международной научной конференции, 22 ноября 2023 г. – Мн.: БГУИР, 2023. – С. 151.

И. И. Качура
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПУСКА ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Программное приложение для моделирования работы гидрогенератора – это программа, в которой пользователь может управлять параметрами станции разных конфигураций: выбирает модель гидрогенератора, модель трансформатора, а также параметры сети. Для разработки такого приложения используется язык программирования C#.

C# – это универсальный язык программирования, предназначенный для создания настольных и браузерных приложений. Данный язык позволяет разработчикам создавать различные программы, которые поддерживаются многими операционными системами и на большинстве современных платформ, включающих в себя персональные компьютеры, серверы управления и другое оборудование АСУ ТП.

В начале работы разрабатывается электрическая схема. Создаются объекты с изображением шин, линий электропередач, по которым будет передаваться энергия, и создаются дополнительные элементы схемы для полноты: выключатели, разъединители и так далее. Все компоненты добавляются в рабочее пространство модели.

Следующим этапом создаются объекты гидрогенератора и трансформатора, которым добавляются блоки связи для обнаружения синхронизации генератора с сетью и передачи мощности. Для системы управления устанавливается алгоритм регулирования частоты вращения и напряжения.

Далее создаётся система расчетов через модуль решателя: шаг моделирования, условия перехода к следующим режимам работы и т. д. Добавляется компонент физической модели для добавления опций электродинамики к объекту. В него входит момент инерции ротора, его активное сопротивление, электромагнитные переходные процессы.

Для более эффективной работы добавляется система мониторинга показателей, благодаря которой оператор будет стремиться обеспечить стабильную работу станции. Соответственно будет способ подобрать конфигурацию, удовлетворяющую требованиям пользователя.

Д. А. Клевжиц, Ю. А. Андреев
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОСИСТЕМЫ ПОГРУЗЧИКА В ПРОГРАММЕ AUTOMATION STUDIO

Automation Studio – это инженерное приложение для проектирования, моделирования и анализа систем автоматизации, обеспечивающее проверку их работы в динамическом режиме и подготовку технической документации [1].

Моделирование работы гидросистемы рабочего оборудования погрузчика с телескопической стрелой заключается в создании схемы гидропривода, задании параметров гидравлических компонентов и исполнительных механизмов, соответствующих реальным режимам эксплуатации машины. На основе разработанной модели выполняется настройка рассчитанных рабочих параметров, а также симуляция работы схемы, позволяющая проследить протекание рабочих процессов в гидролиниях и оценить взаимодействие элементов системы.

Результаты моделирования представлены на графике изменения давления (рисунок 1).

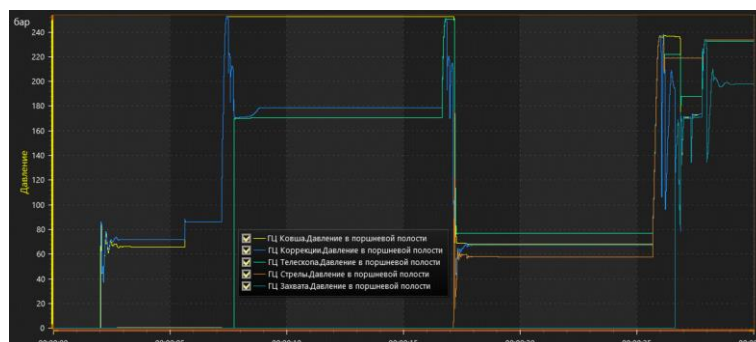


Рисунок 1 – График изменения давления гидроцилиндров

Гидросистема работает в допустимых режимах: давление цилиндров достигает 240–260 бар (расчетное – 250 бар) и стабилизируется в 160–190 бар, соответствуя расчетному перепаду (164–178,8 бар).

Использование моделирования в Automation Studio позволяет наглядно выявить наиболее нагруженные участки гидросистемы, оценить эффективность и надежность принятых схемных решений.

Литература

- 1 Automation Studio: [сайт]. – 2026. – URL: **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** (дата обращения: 03.02.2026).

Н. А. Кондратьева, М. А. Гундина
(БНТУ, Минск)

ПЕТЛЯ ГИСТЕРЕЗИСА В WOLFRAM MATHEMATICA

Анализ напряженно-деформированного состояния стента из нитинола представляет собой сложную научно-техническую задачу, находящуюся на стыке механики, материаловедения и медицины.

Петля гистерезиса нитинолового стента представляет собой не абстрактную кривую, а фундаментальный инженерный и клинический детерминант, устанавливающий саму возможность безопасной и эффективной имплантации устройства в гемодинамическую систему.

Критическая значимость петли заключается в ее функции как исчерпывающего количественного дескриптора рабочих характеристик стента. Верхнее плато, соответствующее напряжению начала прямого аустенитно-мартенситного превращения, определяет усилие, необходимое для ретроградной компрессии стента в систему доставки; его стабильность гарантирует отсутствие спонтанного преждевременного раскрытия в катетере. Пример такой петли представлен на рисунок 1.

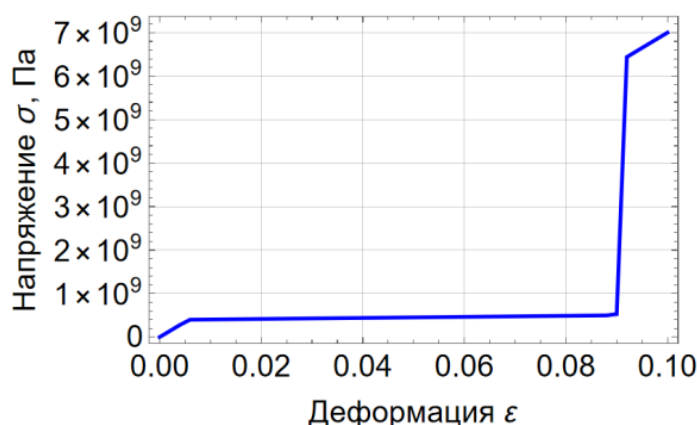


Рисунок 1 – Петля гистерезиса нитинола при 37 градусах Цельсия

Полученная диаграмма «напряжение-деформация» представляет собой замкнутую гистерезисную петлю с выраженной нелинейностью, являющуюся макроскопическим отражением термоупругого мартенситного превращения и его инверсной реакции.

Литература

1 Нифагин, В. А. Метод асимптотических разложений в теории упругопластических трещин / В. А. Нифагин, М. А. Бубич // Весці НАН Беларусі. – 2011. – № 4. – С. 60–66.

Д. И. Короедов

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В микросервисной архитектуре (сотни сервисов) сетевое взаимодействие перестаёт обслуживаться классическими средствами ОС и сетевым оборудованием, не рассчитанными на динамичность, семантику приложений и распределённую наблюдаемость [1].

1 «Умная» маршрутизация трафика: Традиционные балансировщики нагрузки (как аппаратные, так и программные – Nginx, HAProxy) оперируют сетевыми уровнями L3/L4 и, в лучшем случае, L7, но статичны по своей природе. Они не рассчитаны на: Скапу-развёртывания (5 % трафика на новую версию). Отказоустойчивость (retry, circuit breaker, timeout). Аппаратные балансировщики и ОС не оперируют заголовками запросов и идентификаторами сервисов. Реализация в коде каждого сервиса ведёт к дублированию и усложнению.

2 Безопасность на уровне сервисов: Сквозное шифрование и взаимная аутентификация (mTLS) между динамическими контейнерами. Авторизация на уровне методов API («сервис А вызывает только GET, но не POST»). Невозможно настроить классическими firewall и iptables.

3 Наблюдаемость распределённых транзакций: Запрос проходит 10+ сервисов классический мониторинг (CPU, RAM) не показывает, где именно задержка. Требуется сквозная трассировка

(trace-id) и метрики задержек по каждому вызову. Средства ОС (tcpdump, netstat) не дают бизнес-семантики.

Системные задачи (сеть, безопасность, мониторинг) требуют прикладного контекста (сервисы, API, заголовки). Service Mesh выносит эту логику из бизнес-кода в единый инфраструктурный слой.

Литература

1 Системное программное обеспечение: учебное пособие / А. Н. Миронов, Ю. А. Воронцов, Е. К. Михайлова. – М.: РТУ МИРЭА, 2022. – 15 разделов. – URL: <https://e.lanbook.com/book/265712>.

В. А. Крамущенко
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СТРЕССА

Хронический психоэмоциональный стресс является одним из ключевых факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, что обуславливает высокую актуальность создания инструментов для его объективного и непрерывного мониторинга. Традиционные линейные методы анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), применяемые в носимых устройствах, не всегда способны уловить сложные изменения регуляции организма при нагрузках.

Целью работы является повышение точности автоматизированной диагностики стресса за счет гибридного подхода, объединяющего классические метрики ВСР и методы нелинейной динамики. В основе метода лежит гипотеза о хаотической природе сердечного ритма. Для анализа используется реконструкция фазового пространства по теореме Такенса, восстанавливающая многомерный аттрактор из ряда RR-интервалов. Классификатор построен на базе алгоритма Gradient Boosting и обучен на верифицированном датасете WESAD. Вектор признаков включает временные и частотные показатели (SDNN, RMSSD, LF/HF), а также нелинейные метрики: корреляционную размерность и выборочную энтропию. Программная реализация выполнена на Python (NeuroKit2, Nolds, Scikit-learn).

Основные результаты исследования показали, что состояние стресса сопровождается деградацией сложности сердечного ритма, что визуально выражается в «сжатии» фазового портрета (аттрактора). Разработанная модель продемонстрировала точность классификации (Ассигасу) 95 % на независимой тестовой выборке, что превосходит базовые показатели (93 %), полученные авторами датасета с использованием стандартных методов. Анализ важности признаков подтвердил, что нелинейная метрика корреляционной размерности является одним из наиболее значимых предикторов.

Таким образом, доказана эффективность применения аппарата нелинейной динамики для задач аффективных вычислений. Перспективы развития проекта связаны с переходом к мультимодальному анализу и разработкой адаптивных алгоритмов для персонализированного мониторинга в режиме реального времени.

М. А. Кухлич, С. И. Жогаль
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОТБОРЕ КАДРОВОГО ПЕРСОНАЛА ПРОЕКТА

Привлечение наиболее способных и квалифицированных сотрудников для работы над конкретным проектом – задача актуальная и важная как с точки зрения эффективности работы организации, так и с точки зрения создания микроклимата в коллективе, способствующего общему росту профессионализма и нацеленности на результат. Различные алгоритмы подбора персонала рассматриваются в [1].

Применение математических методов принятия решений в отборе персонала позволяет количественно оценить кандидатов, снизить степень субъективизма и оптимизировать этот процесс. В качестве одного из вариантов применения математических методов предлагается следующий алгоритм.

Пусть m кандидатов на должность оцениваются по n критериям, таким, например, как «навыки», «опыт работы», «уровень коммуникации», «время выполнения тестового профессионального задания», результаты социально-психологических и личностных тестов «на мышление и креативность», «способность к самоуправлению» и др. По степени важности

для решения поставленной задачи подбора кадров каждому критерию присваивается соответствующий вес и каждому претенденту приписывается вектор количественных оценок $(c_1 e_{i1}, c_2 e_{i2}, \dots, c_n e_{in})$, где $i = \overline{1, m}$ – номер оцениваемого кандидата, $c_j, j = \overline{1, n}$ – вес критерия, $e_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ – количественная оценка, полученная i -м кандидатом по j -му критерию.

Авторами реализована компьютерная программа построения матриц $\|e_{ij}\|$ и $\|c_j e_{ij}\|$ и визуализации квадрантов предпочтений (при $n = 2$) и конусов предпочтений (при $n = 3$) при определении кандидатов, наиболее соответствующих предъявляемым критериям.

Литература

1 Бондаренко, Ю. В. Экспертно-тестовый механизм комплексной оценки кандидатов при подборе персонала / Ю. В. Бондаренко, И. В. Горошко, Е. В. Васильчикова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 100–110.

М. А. Махров
(БНТУ, Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Математическая модель гибридной силовой установки (ГСУ) позволяет прогнозировать поведение системы, оптимизировать мощность двигателя внутреннего сгорания (ДВС), электродвигателя (ЭД) и генератора, тестировать алгоритмы управления и прогнозировать расход топлива и выбросы вредных веществ без создания прототипов [1]. Основным уравнением математической модели является уравнение энергетического баланса:

$$W_{\text{треб}} = \eta_{\text{эд}} \cdot W_{\text{эд}} + \eta_{\text{рек}} \cdot W_{\text{торм}}.$$

Оно определяет требуемую мощность для разных режимов движения, из неё рассчитывается степень заряженности батареи (СЗБ), на основе которой подбирается мощность генератора, ДВС и емкость АКБ, требуемые для поддержания СЗБ в пределах от 0,2 до 0,8.

В зависимости от нагрузки меняется скорость разрядки АКБ, при СЗБ меньше 0,2 запускается ДВС для зарядки батареи, также АКБ во время торможения заряжается при помощи системы рекуперации энергии (рисунок 1).

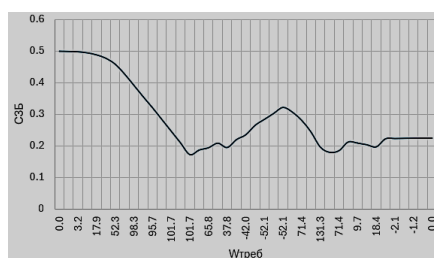


Рисунок 1 – Зависимость СЗБ от $W_{\text{треб}}$

В заключение можно сказать, что зависимость заряда АКБ от нагрузки является значимым фактором при проектировании и настройке гибридных силовых установок.

Литература

1 Черанёв, С. В. Использование программного обеспечения для математического моделирования при проектировании автомобилей с гибридными силовыми установками / С. В. Черанёв // Известия МГТУ «МАМИ». – 2011. Т. 11, №1.

К. М. Миронова
(БГУ, Минск)

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ, ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ЦИФРОВЫХ ПОЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГИДРОАЭРОМЕХАНИКИ

Исследование устойчивости течений вязкой несжимаемой жидкости является фундаментальной проблемой гидроаэромеханики. Основное внимание, как правило, уделяется скалярным критериям

устойчивости, в то время как структура векторных возмущений скорости и, особенно, градиента давления часто остается за рамками детального анализа. В настоящей работе исследования проводятся в приближении линейной теории гидродинамической устойчивости. Анализируются решения безразмерного уравнения Навье-Стокса для двумерного течения в плоском канале. В качестве базового профиля выбрано инвазивное приближение ($Re \rightarrow \infty$) и кусочно-линейный профиль скорости, что позволяет получить аналитическое решение и избежать трудоемких численных расчетов на начальном этапе [1].

Ключевая особенность данной работы – использование возможностей системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica для получения и визуализации результатов, а именно: конструирование и визуализация полей скорости и градиента давления, а также сопоставительный анализ (рисунок 1).

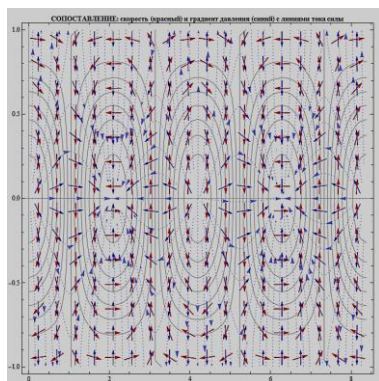


Рисунок 1 – Пример сопоставления скорости (красный) и градиента давления (синий)

Предположенная методика демонстрирует эффективность симбиоза аналитических методов и современных средств компьютерной визуализации. Она позволяет не только определить критерий устойчивости, но и глубоко проникнуть в физику явления через детальный анализ векторных полей возмущений. Полученные результаты могут служить основой для верификации более сложных численных моделей, а также использоваться в учебном процессе при изучении курсов гидроаэромеханики и вычислительной физики.

Литература

1 Ентов, В. М. Численное моделирование процесса неустойчивого вытеснения нефти водой / В. М. Ентов, В. Б. Таранчук // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа. – 1979. – № 5. – С. 58-63.

И. В. Морозько
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ЗАДАЧА ПОДБОРА МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИМУЛЯТОРАХ БПЛА

БПЛА широко применяются в военной, гражданской и научной сферах. Ключевой этап их разработки и тестирования – моделирование полётов в симуляторах, достоверность которых напрямую зависит от реалистичности ландшафта. Ручное создание больших 3D-сцен требует огромных ресурсов, поэтому актуальна задача подбора методов процедурной генерации, обеспечивающих баланс между реализмом, производительностью и вариативностью.

Генерация ландшафта включает создание поверхности и её визуализацию. Методы генерации делятся на категории, отличающиеся по принципам работы и областям применения:

Процедурные шумы (Perlin, Simplex, диаграммы Вороного) – создают бесконечные ландшафты с минимальными затратами памяти, подходят для рельефа общего назначения, но требуют постобработки.

Симуляции эрозии – имитирует физические процессы (водная, ветровая, термическая эрозия), обеспечивая высокую геологическую достоверность, но вычислительно сложна.

Реальные данные (GIS, фотограмметрия) – используют ЦМР и спутниковые снимки, дают максимальное соответствие реальности, критичное для сертифицированных тренажёров, но требуют больших объёмов данных.

Гибридный подход – комбинирует реальные данные с процедурными шумами и эрозией, достигая оптимального соотношения реализма и производительности.

Для визуализации ландшафта применяются карты высот (просты, удобны для LOD и стриминга), воксели (позволяют моделировать разрушения, но ресурсоёмки) и фотограмметрические меши (максимальный реализм).

Подбор метода генерации ландшафта для симуляторов БПЛА должен осуществляться исходя из конкретных целей тренажёра. Для задач первичного обучения пилотов визуальному пилотированию достаточно процедурных методов. Для отработки тактических сценариев или испытания навигационных систем требуется гибридный подход с интеграцией

реальных данных, обеспечивающих необходимый уровень достоверности и интерактивности.

А. В. Павленко, Е. Д. Головин
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ (1D) КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В СЛУЧАЕ ПОТЕНЦИАЛА ГАУССА

Одномерное квазипотенциальное интегральное уравнение Логунова–Тавхелидзе в релятивистском конфигурационном представлении, описывающее связанные состояния системы двух скалярных частиц одинаковой массы m , имеет следующий вид ($\hbar = c = 1$) [1]:

$$\Psi(x) = \frac{-1}{m \sin(2w)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sinh[m(x-x')(\pi/2-w)]}{\sinh[\pi m(x-x')/2]} V(x') \Psi(x') dx, \quad (1)$$

где $\Psi(x)$ – волновая функция, $V(x)$ – потенциал взаимодействия, w – параметр, связанный с энергией формулой $2E = 2m \cos(w)$.

Потенциал гаусса, локализованный вблизи точки x_0 , имеет вид:

$$V(x) = -V_0 / (\sqrt{2\pi}a) e^{-(x-x_0)^2/(2a^2)}. \quad (2)$$

На рисунке 1 представлены результаты численного решения интегрального уравнения (1) в случае потенциала (2) для $am = 1$.

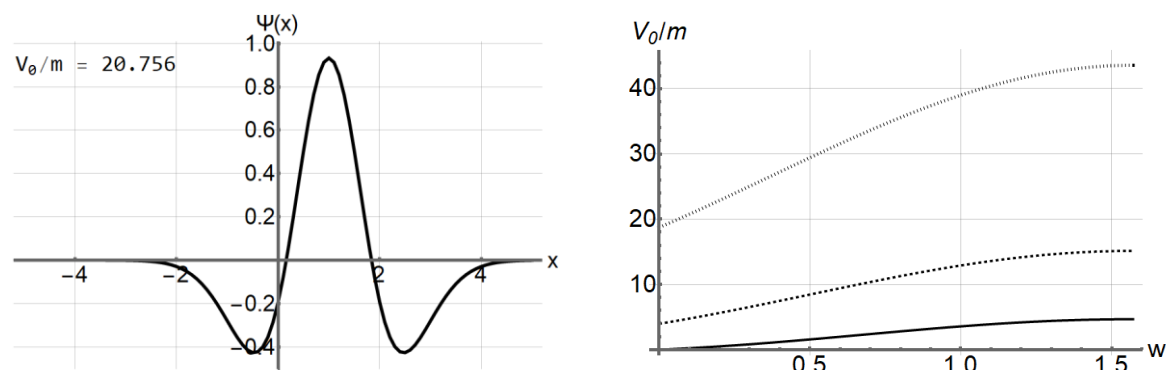


Рисунок 1 – Волновая функция и условия квантования величины w

Из графика квантования величины W видно, что при $at = 1$ для каждого значения V_0/m существует одно или два связанных состояния, или не существует вовсе. Волновая функция основного состояния при $V_0/m = 20,756$ имеет два нуля – в отличие от нерелятивистского случая, где число нулей равно номеру состояния минус один.

Литература

1 Капшай, В. Н. Релятивистские парциальные функции Грина состояний рассеяния, характеризующиеся орбитальным квантовым числом $l = 1$ / В. Н. Капшай, А. А. Гришечкина // Проблемы физики, математики и техники. – 2021. – Т. 48, № 3. – С. 7–13.

А. Ю. Пищук

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ РАЙОННОЙ БОЛЬНИЦЫ

Современные объекты здравоохранения требуют надёжного, экономичного и экологически устойчивого энергоснабжения. В условиях роста тарифов на энергоресурсы и необходимости повышения энергоэффективности всё большее распространение получают когенерационные установки, позволяющие одновременно вырабатывать электрическую и тепловую энергию. Для оценки эффективности их внедрения и оптимизации работы необходимо применять имитационные модели, способные воспроизводить динамику процессов в реальном времени и учитывать взаимодействие между элементами системы энергоснабжения больницы [1].

Имитационная модель построена по модульному принципу, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и возможность адаптации под конкретные условия работы больницы. Модель подразделяется на несколько модулей.

Модуль электропроизводства – включает модель газопоршневого двигателя или микротурбины, электрического генератора, преобразователя мощности и системы синхронизации с сетью.

Модуль нагрузки – воспроизводит суточные и сезонные графики электрических и тепловых нагрузок больницы с учётом нестационарности и случайных факторов (например, изменения числа пациентов).

Модуль управления – реализует алгоритмы регулирования мощности, распределения энергоресурсов, а также режимы совместной работы с городской сетью.

Модуль экономического анализа – рассчитывает топливные затраты, себестоимость выработанной энергии, окупаемость и коэффициент использования установленной мощности.

Разработка таких систем способствует повышению энергоэффективности, снижению затрат и улучшению устойчивости критически важных объектов социальной инфраструктуры.

Литература

1 Бурцев, В. М. Имитационное моделирование энергетических систем / В. М. Бурцев. – М.: Энергия, 2023. – 248 с.

Я. А. Поливач

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Рассмотрена математическая модель и программный комплекс для количественной оценки и оптимизации работы холодильной компрессорной станции с учётом рекуперации тепловой энергии для нужд горячего водоснабжения.

Модель описывает термодинамику холодильного цикла: компрессор, испаритель и конденсатор. Включены энергетические балансы узлов, учёт потерь холода и моделирование работы рекуперативного теплообменника.

На основе модели вычисляются реальная пригодная для использования мощность рекуперации, коэффициент производительности цикла и коэффициент использования рекуперированной теплоты.

Алгоритмы программного комплекса позволяют задавать рабочие сценарии, варьировать нагрузки и параметры оборудования, а также проводить анализ чувствительности по ключевым факторам. В качестве

переменных рассматриваются: температура конденсации, эффективность теплообменника и доля тепловой нагрузки горячего водоснабжения. Реализованы процедуры перебора режимов, оптимизации по целевым функциям и построения карт чувствительности для оценки влияния параметров на выходные показатели.

Технология особенно эффективна на предприятиях с мощными холодильными агрегатами, где суммарные отводимые тепловые потоки значительны. Внедрение рекуперации обеспечивает: снижение потребности в электроэнергии для подогрева воды, уменьшение пиковых нагрузок на сеть и сокращение эксплуатационных расходов.

Итоговый программный продукт служит оперативным средством для инженеров и энергетиков: быстрая оценка потенциала рекуперации на конкретном объекте, подбор типа теплообменника и режимов работы. Инструмент формализует критерии технико-экономической целесообразности и вырабатывает рекомендации по модернизации систем охлаждения и горячего водоснабжения.

В. Ю. Прудникова
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ

Современные требования к промышленной безопасности и энергоэффективности теплоэнергетических установок диктуют необходимость модернизации устаревших систем автоматизации. В котельном цехе эксплуатируется водогрейный котёл, обеспечивающий теплом производственные мощности литейного производства. Существующая система контроля и визуализации, основанная на традиционных SCADA-решениях, обладает ограниченным функционалом в части прогнозирования аварийных ситуаций и наглядности отображения технологических процессов для оперативного персонала.

Целью работы, выполняемой в рамках преддипломной практики, является сбор и анализ исходных данных для последующей разработки компьютерной модели системы защиты и управления котлом. В ходе исследования изучена технологическая схема котельного агрегата, определены

номенклатура контролируемых параметров и критические значения для срабатывания автоматических защит. Проведён анализ действующей архитектуры АСУТП на базе программируемых логических контроллеров, а также оценён интерфейс оператора.

На основе собранных геометрических размеров, режимных карт и теплофизических характеристик предложена концепция построения интерактивной 3D-модели котла. В отличие от существующих решений, разрабатываемая модель предполагает интеграцию математического аппарата, описывающего динамику теплообмена и логику работы автоматики безопасности, с реалистичной визуализацией в среде Unity. Такой подход позволяет имитировать предаварийные состояния и отключающие блокировки без риска для реального оборудования.

Практическая значимость работы заключается в возможности создания тренажерного комплекса для обучения и аттестации оперативного персонала, а также в использовании её для тестирования новых алгоритмов управления. В докладе будут представлены результаты анализа текущего состояния автоматизации котельной на предприятии, структура собираемых данных для моделирования и технические требования к разрабатываемой системе визуализации.

А. А. Сакович

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сердечно-сосудистые заболевания являются ведущей причиной смертности во всем мире, что делает задачу их раннего выявления приоритетной. Эффективная профилактика во многом зависит от точности оценки текущего состояния здоровья. Однако традиционный анализ медицинских показателей часто осложнён трудоёмкостью обработки больших массивов данных. Внедрение интеллектуальных систем анализа повышает скорость и объективность предварительной оценки. Такие системы учитывают совокупное влияние множества факторов риска.

Целью данного исследования является разработка программного прототипа для классификации уровней риска развития патологий сердца

на три категории: низкий, средний и высокий. Оценка проводится на основе анализа ключевых показателей здоровья. Проект разработан как исследовательская модель для первичной оценки состояния организма и может использоваться в учебных целях для демонстрации возможностей искусственного интеллекта.

Для построения модели был выбран «Случайный лес» (Random Forest), широко применяемый в задачах классификации и прогнозирования. Данный алгоритм эффективно выявляет скрытые зависимости в данных без необходимости их сложной ручной подготовки. Всего в работе задействовано 15 параметров, среди которых: возраст, индекс массы тела, систолическое артериальное давление, уровень стресса и статус курения.

Программная реализация системы выполнена на языке Python с использованием библиотеки Scikit-learn. В ходе тестирования обученная модель продемонстрировала высокую прогностическую способность, обеспечив общую точность не менее 88 %. Полученные результаты подтверждают надёжность выбранного алгоритма для решения задач классификации в области здравоохранения.

Модель перспективна для систем скрининга, однако её текущим ограничением является использование синтетических данных. В дальнейшем планируется тестирование алгоритма на реальных показателях для повышения точности и учёта индивидуальных особенностей пациентов.

З. Р. Тагангылыджова, С. И. Жогаль
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ЛИДЕРА ГРУППЫ РАЗРАБОТЧИКОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Рассматривается задача выбора лидера группы разработчиков ИТ-проекта, состоящей из m участников, которые сравниваются между собой попарно по 4-м критериям:

- опыт работы по проекту,
- уровень профессиональной компетентности,
- способность к компромиссным решениям без потери эффективности,
- способность находить эффективные управленческие решения.

Для задачи выбора лидера группы разработчиков применен метод анализа иерархий, разработанный Т. Л. Саати [1]. Была программно реализована следующая последовательность действий.

1 Построена иерархия проблемы.

2 Для лица, принимающего решение (ЛПР) или другого эксперта, например, менеджера проекта, сформированы для заполнения им матрица S парных сравнений 4-х критериев и 4 матрицы A_1, A_2, A_3, A_4 , парных сравнений альтернативных претендентов по степени их соответствий каждому из критериев отбора. Матрицы заполняются экспертами на основе шкалы, приведенной в [1].

3 Реализован алгоритм проверки каждой матрицы парных сравнений на согласованность мнений эксперта, заполняющего эту матрицу.

4 В случае согласованности данных по матрице реализованы расчеты локальных приоритетов и нормализованных локальных приоритетов сравниваемых элементов (критериев – для матрицы S , претендентов – для матриц A_1, A_2, A_3, A_4).

5 Реализован расчет глобальных приоритетов претендентов на основе полученных нормализованных локальных приоритетов критериев и претендентов. Претендент, получивший максимальный глобальный приоритет, рекомендуется ЛПР как наилучший кандидат на должность руководителя группы разработчиков.

Литература

1 Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

К. Г. Тищенко

(Белорусско-Российский университет, Могилёв)

ПОСТРОЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Процесс производства лифтового оборудования можно представить посредством диаграммы IDEF0 со следующими входными, выходными и управляющими параметрами (рисунок 1).

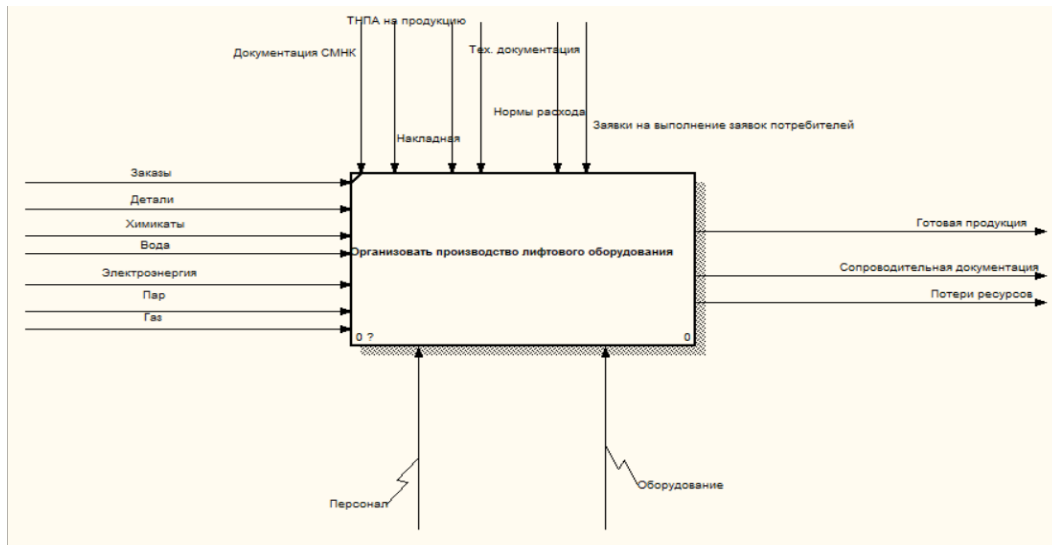


Рисунок 1 – Диаграмма IDEF0 производственного процесса

Для решения задачи организации автоматизации производственного процесса с переменной структурой необходимо определить, какими преимуществами должна обладать проектируемая информационная система, а также построить целевую функцию.

W_{ij} – временной промежуток между окончанием $(j - 1)$ этапа и началом j -ой этапа i -го обрабатываемого материала, j – количество этапов i -го обрабатываемого материала, P_{ij} – длительность выполнения определённого этапа.

$$W_i = \sum_{j=1}^m W_{ij}, \quad (1)$$

где W_i – время ожидания i -го обрабатываемого материала.

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij}, \quad (2)$$

где P_i – общее время этапов, выполняемых с i -м обрабатываемым материалом.

Целевая функция – минимизация длительности производственного цикла:

$$\min T_{\text{ц}} = \sum_1^k \sum_1^i (W_{ik} + P_{ik}), \quad (3)$$

где минимизация длительности производственного цикла происходит за счёт уменьшения времени ожидания материалов в очереди.

Д. А. Федосов, С. П. Жогаль
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ОДНОЙ СЛОЖНОЙ КВАЗИЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ МЕТОДОМ КАНОНИЧЕСКИХ РАЗЛОЖЕНИЙ

На основе метода канонических разложений [1] исследованы случайные колебательные процессы в сложной нелинейной системе:

$$\ddot{v}(t) + \omega^2 v(t) = \varepsilon \left[\lambda - \mu v^2(t) \right] \dot{v}(t - \tau_1) + \varepsilon \beta \left[\int_0^l u(t - \tau_2, \frac{l}{2}, \frac{l}{2}, z) dz \right]^3 + \varepsilon \gamma \xi(t) \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 u(t, x, y, z)}{\partial t^2} = c \Delta u(t, x, y, z) + \sigma u(t, x, y, z) - \varepsilon \alpha \frac{\partial u(t, x, y, z)}{\partial t} + \quad (2)$$

$$+ \varepsilon \beta \delta(x - \frac{l}{2}) \delta(y - \frac{l}{2}) \delta(z - \frac{l}{2}) f(z) v^3(t - \tau_2)$$

с нулевыми краевыми условиями $u(t, x, y, z) \Big|_{\substack{x=0, x=l \\ y=0, y=l \\ z=0, z=l}} = 0$.

Математическая модель (1)-(2) описывает работу такой физической системы как «генератор – объемный резонатор», в которой резонатор (2) применяется для стабилизации колебательных процессов, протекающих в генераторе (1).

Учет флуктуаций в системе (1)-(2), вызванных воздействием низкочастотных шумов генератора (слагаемое $\varepsilon \gamma \xi(t)$ в (1)), является весьма актуальной технической задачей.

Пусть случайный процесс $\xi(t)$ является стационарным и имеет спектральное представление $\xi(t) = \sum_k V_k e^{i v_k t}$, тогда решение системы

(1)–(2) также можно искать в виде канонических представлений

$$\begin{aligned} v(t) &= m_v(t) + \sum_k V_k v_k(t) \\ u(t, x, y, z) &= m_u(t, x, y, z) + \sum_k V_k u_k(t, x, y, z). \end{aligned} \quad (3)$$

Для системы (1)-(2) на основе (3) найдены оценки характеристик $m_v(t)$, $m_u(t, x, y, z)$, D_v, D_u – математических ожиданий и дисперсий процессов $v(t)$ и $u(t, x, y, z)$ соответственно.

Литература

1 Жогаль, С. П. Исследование случайных автоколебательных систем с одной степенью свободы методом канонических разложений / С. П. Жогаль, С. И. Жогаль, А. В. Клименко // Проблемы физики, математики и техники, – 2017. – Т. 30, №1. – С.37-41.

Б. Хакназаров, М. А. Гундина
(БНТУ, Минск)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕРШИНЫ ТРЕЩИНЫ

Применение методов компьютерного моделирования позволяет исследовать окрестность особых точек, в частности, вершины трещины, и получить количественные и качественные оценки локальных и глобальных характеристик разрушения.

На рисунке 1 представлено 3D-распределение напряжений у вершины трещины. Аномальные значения, обозначенные черными точками на графике распределения напряжений в окрестности вершины трещины.

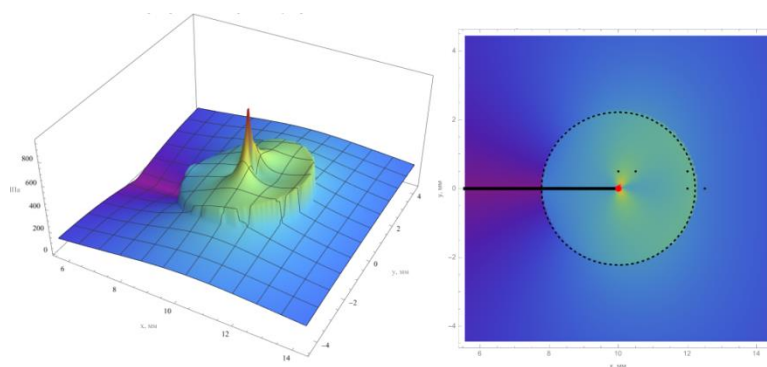


Рисунок 1 – 3D распределение напряжений у вершины трещины

Модифицированный мультинормальный анализ выявил наличие статистических аномалий в распределении механических параметров.

Большинство точек (более 95 %) соответствуют ожидаемому многомерному нормальному распределению, однако выделяются несколько аномальных точек. Эти аномалии преимущественно расположены в двух зонах: непосредственно у вершины трещины, где наблюдаются экстремальные значения напряжений, и на границе упруго-пластической области, где происходят резкие изменения градиентов напряжений и деформаций.

Литература

1 Юхновская, О. В. Статистический подход к обнаружению и удалению шумовых выбросов в визуализированных данных зондовой электрометрии / О. В. Юхновская, М. А. Гундина, Е. Д. Ромашко, К. В. Пантелеев // Приборы и методы измерений. – 2025. – Т.16, № 4. – С. 406–416. DOI: 10/21122/2220-9506-2025-16-4-406-416.

Д. И. Хоха, И. В. Ермак

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ВВП РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЁТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

На основе статистических данных по ВВП Y , инвестициям K и трудовым ресурсам L Республики Беларусь за 2010–2024 годы построены модели экономического роста с учётом технического прогресса на базе производственных функций [1] Кобба–Дугласа F_1 и с постоянной эластичностью замещения (CES) F_2 :

$$F_1(K, L, t) = 0.65K^{0.32}L^{0.71}e^{0.018t} (R^2 = 0.9962; MAE = 0.0096);$$

$$F_2(K, L, t) = 0.66(0.29K^{-0.57} + 0.71L^{-0.57})^{-0.96/0.57}e^{0.017t}$$

$$(R^2 = 0.9976; MAE = 0.0073).$$

Сравнение производственных функций по критериям R^2 и MAE показывает, что модель CES даёт немного более высокое качество аппроксимации, при этом спецификации F_1 и F_2 согласованно описывают выпуск, что подтверждает устойчивость факторной структуры

роста. Учёт технического прогресса через временной тренд отражает рост совокупной факторной производительности, поэтому прирост ВВП Республики Беларусь связан не только с капиталом и трудом, но и с повышением эффективности за счёт технологических и организационных изменений (модели показывают, что темп прироста индекса научно-технического прогресса составляет в районе 2 %).

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, проект «Разработка программного обеспечения для сравнения эффективности классических моделей и алгоритмов машинного обучения в задачах управления производственными процессами национальной экономики» (договор № Ф25ИИ М-019 от 02.05.2025, № ГР 20251071).

Литература

1 Проневич, А. Ф. Двухфакторные производственные функции с заданными экономико-математическими характеристиками / А. Ф. Проневич, Г. А. Хацкевич // Экономика, моделирование, прогнозирование: сб. науч. тр. / НИЭИ Мин-ва экономики Республики Беларусь; редкол.: М. К. Кравцов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 14. – С. 137–154.

О. В. Юхновская, К. В. Пантелеев
(БНТУ, Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ТРЕЩИНЫ В МАТЕРИАЛЕ

В современной механике деформируемого твердого тела значительное внимание уделяется проблемам разрушения и развития повреждений вблизи концентраторов напряжений, таких как вырезы, включения и трещины [1–3]. Целью данного исследования является приведение результатов работы алгоритмов, реализованных в компьютерной системе Wolfram Mathematica.

Рассмотрим образец из изотропного упругопластического материала с начальной трещиной, подверженный внешнему нагружению.

На рисунок 1 представлено распределение поля эквивалентных напряжений на удалении от трещины, значение напряжений указано в МПа.

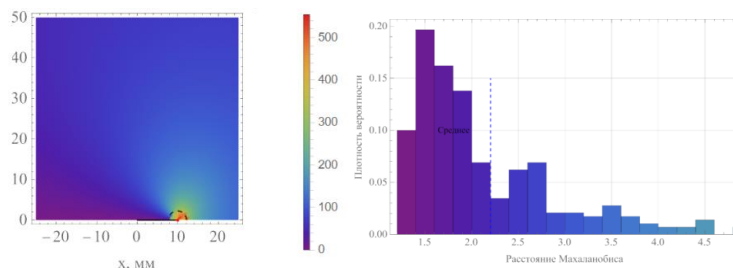


Рисунок 1 – Контурное распределение поля эквивалентных напряжений.
Распределение расстояний Махаланобиса

Для дальнейшего анализа данных и выявления аномальных значений была найдена гистограмма распределения расстояний Махаланобиса. Наличие изолированных столбцов справа указывает на присутствие в исходной выборке аномальных значений.

Литература

1 Юхновская, О. В. Статистический подход к обнаружению и удалению шумовых выбросов в визуализированных данных зондовой электрометрии / О. В. Юхновская, М. А. Гундина, Е. Д. Ромашко, К. В. Пантелеев // Приборы и методы измерений. – 2025. – Т.16, № 4. – С. 406–416. DOI: 10/21122/2220-9506-2025-16-4-406-416.

М. С. Ясевич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ ПО СТРУКТУРЕ И ОПТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Минералогическая классификация играет ключевую роль в геологических исследованиях, образовательной деятельности и прикладной разведке полезных ископаемых, обеспечивая систематизацию и идентификацию минералов по их химическому составу, кристаллической структуре и визуально-оптическим характеристикам. При этом традиционные методы анализа требуют высокой квалификации специалиста, значительных временных затрат и зависят от субъективного опыта, что в условиях роста

объёмов цифровых данных обуславливает необходимость внедрения автоматизированных решений на основе методов машинного обучения.

Целью работы являлась разработка нейро-сетевой модели для классификации минералов по их структурным и оптическим свойствам на основе анализа изображений. Объект исследования – процессы обработки и анализа минералогических данных в задачах классификации. Предмет исследования – методы глубокого обучения, применяемые для распознавания минералов по визуальным признакам. Цель исследования – разработка и экспериментальная оценка модели глубокого обучения для многоклассовой классификации минералов по изображениям. В качестве инструментария использованы методы компьютерного зрения и глубокого обучения.

Экспериментальные исследования показали, что разработанная модель демонстрирует высокую эффективность, достигая точности классификации 82,86 % на тестовых данных. Наиболее устойчивые результаты получены для минералов с ярко выраженными визуальными признаками. Проведенный анализ матрицы ошибок и динамики обучения подтвердил корректность выбранной архитектуры, но также выявил сложности в различении визуально схожих классов, что определяет направления для дальнейшего совершенствования системы.

Результаты исследования могут быть использованы для автоматизации процесса анализа в минералогии, а также в качестве основы для создания более сложных аналитических систем, интегрирующих визуальные и геохимические данные.

Yiming Han, V. V. Komrakov
(*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel*)

RESEARCH OF MATHEMATICAL MODEL OF 4-DOF ROBOTIC ARM

В работе представлена математическая модель 4-степенной роботизированной руки на основе метода Лагранжа. Многопоточная архитектура с RLock обеспечивает высокую производительность и точность вычислений в реальном времени необходимой для промышленной автоматизации.

4-DOF serial articulated robotic arms are widely applied in low-to-medium automation scenarios such as industrial assembly and intelligent

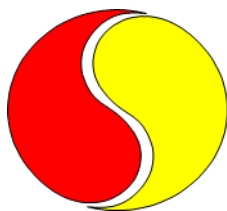
sorting. Their mathematical models are essential for motion control and trajectory planning, but current modeling has drawbacks including poor parameter adaptability, inverse kinematics divergence, and insufficient real-time performance.

This robotic arm uses a modular serial structure with 4 degrees of freedom: base rotation (θ_1 , 360° around Z-axis), upper arm pitch (θ_2), lower arm pitch (θ_3), and end effector self-rotation (θ_4). Key parameters: link 1 length 400mm, link 2 length 300mm, rated load 5kg, end effector repeatability ± 0.1 mm, working radius 300-650mm.

The forward kinematics model is constructed based on homogeneous coordinates, Lagrange method is adopted to build the dynamic model, and Jacobian matrix is derived to map joint velocity to end effector velocity.

Threading Model and Shared State Protection use RLock ensures thread-safe access to robot state. Multiple threads process work with different aspects like forward kinematics for visualization, Jacobian for velocity control, dynamics for feedforward torque. This architecture provides real-time performance while maintaining accuracy for complex robotic computations. The modular design allows easy addition of new computational modules and adaptation to different robot configurations.

This study confirms suitable parameters for small-medium scenarios, builds accurate kinematic and dynamic models, and realizes efficient and stable solution schemes, providing core theoretical support for engineering applications of 4-DOF robotic arms.



СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Прикладные программно-аппаратные системы

Н. С. Андрейчук
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ РЫБНОЙ ЛОВЛИ

Разработанное приложение ориентировано на систематизацию информации о рыболовных выездах, хранение пользовательских данных и анализ условий рыбной ловли. Актуальность разработки связана с растущим спросом на мобильные инструменты для хобби, позволяющие не только фиксировать, но и анализировать данные для повышения эффективности рыбной ловли [1, с. 45].

При программной реализации мобильного приложения использовался фреймворк Flutter и языка программирования Dart. Для реализации аутентификации пользователей применяется Firebase Authentication, для хранения данных – Cloud Firestore. Отображение картографической информации осуществляется с использованием Google Maps API, получение данных о погоде – через OpenWeather API. Выбор данного стека технологий обусловлен его доступностью, эффективностью при разработке кроссплатформенных мобильных приложений и наличием комплексных сервисов для backend-решений.

Приложение предусматривает регистрацию и авторизацию пользователей, ведение личного журнала рыбалки с возможностью добавления записей о дате, месте ловли, используемых снастях и улове. Структура базы данных оптимизирована для хранения подобной иерархической информации и быстрого поиска [2]. Дополнительно реализуется отображение точек рыбалки на карте и получение информации о погодных условиях для выбранной локации. Предусмотрен доступ к ранее сохранённым данным в офлайн-режиме, что

является критически важной функцией для использования в условиях отсутствия стабильного сетевого соединения.

Литература

1 Иванов, С. П. Тенденции разработки мобильных приложений для нишевых хобби / С. П. Иванов // Современные информационные технологии. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 44–50.

2 Официальная документация по Cloud Firestore: [сайт]. – Firebase, 2026. – URL: <https://firebase.google.com/docs/firestore> (дата обращения: 02.02.2026).

Е. В. Багатыревич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ АУДИО КОНТЕНТА

На сегодняшний день различные системы синтеза и перевода речи становятся удобным инструментом для локализации аудиоконтента, вследствие чего появляется желание использовать эти технологии для перевода различных материалов. В отличие от классического дубляжа, система локализации предоставляет возможность сохранить тембр и манеру речи каждого участника беседы на целевом языке, обеспечив при этом нетребовательность в производстве. Сохранение голосовых особенностей достигается за счёт того, что в конвейер обработки внедряются модули, отвечающие за выделение имеющихся голосовых характеристик.

Система работает следующим образом (рисунок 1): сначала входящий аудиопоток проходит сегментацию, в ходе которой он не только разбивается на отдельные речевые фрагменты, но и выполняется классификация этих фрагментов по говорящим. Затем происходит распознавание речи и преобразование её в текст на исходном языке. Далее этот текст переводится на требуемый язык. Ключевым этапом является озвучивание полученного текста голосами соответствующих оригинальных дикторов, для чего используются модели синтеза речи, имитирующие голосовые особенности каждого из участников. Завершающим шагом идёт сборка итогового аудиофайла путём наложения синтезированных

голосов на оригинальную звуковую дорожку с сохранением всех шумов и пауз, в результате чего получается целостная запись на целевом языке.

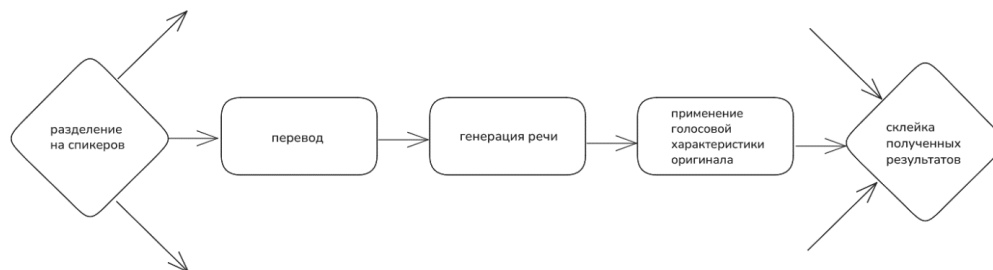


Рисунок 1 – Архитектура системы локализации

И. А. Бондаренко, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦ

В современных теплицах для достижения стабильного высокого урожая необходимо строго поддерживать оптимальные параметры микроклимата и корнеобитаемой среды. Ключевые показатели – температура воздуха, относительная влажность воздуха, уровень освещённости и кислотность среды (pH). Особенно критичны температура и влажность – их отклонения вызывают наибольший стресс: перегрев или переохлаждение замедляет рост и фотосинтез, чрезмерная влажность провоцирует грибки и плесень, низкая – усиливает транспирацию, а неправильный pH блокирует усвоение питательных веществ.

Для непрерывного мониторинга этих параметров в больших теплицах эффективно применять распределённую систему на базе Интернета вещей. Датчики температуры, влажности воздуха, освещённости и pH размещают в разных зонах теплицы. Узлы сбора данных считывают показания каждые 1–5 минут. Передача информации организуется через *mesh*-сеть, которая обеспечивает покрытие всей площади без мёртвых зон, автоматическое переключение маршрутов при сбое узла и низкое энергопотребление. Данные публикуются по протоколу *MQTT*: каждое значение отправляется в свою тему. Узлы-датчики выступают как продюсеры, отправляя измерения; брокер *MQTT* собирает

и распределяет поток сообщений; потребители (консьюмеры) – сервер, приложения, исполнительные устройства – получают нужные данные. Сервер хранит историю, строит графики, отправляет тревожные уведомления при выходе параметров за допустимые пределы.

Такая система делает тепличное производство значительно эффективнее. Постоянный контроль позволяет поддерживать параметры в оптимальном диапазоне круглосуточно, что повышает урожайность, снижает потери от болезней и стресса растений, уменьшает расход воды, электроэнергии на обогрев и освещённость, а также оптимизирует использование удобрений за счёт точного поддержания pH . Специалист получает удалённый доступ к данным в любое время, принимает решения на основе реальных показателей. В итоге себестоимость продукции снижается, рентабельность растёт, а тепличное сельское хозяйство становится более предсказуемым.

Д. С. Борисевич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В данной работе представлена разработка системы автоматизации SynapseCI, построенной на микросервисной архитектуре [1] с использованием платформы .NET 9 [2]. Схема взаимодействия компонентов системы автоматической сборки и тестирования программного обеспечения представлена на рисунке 1.

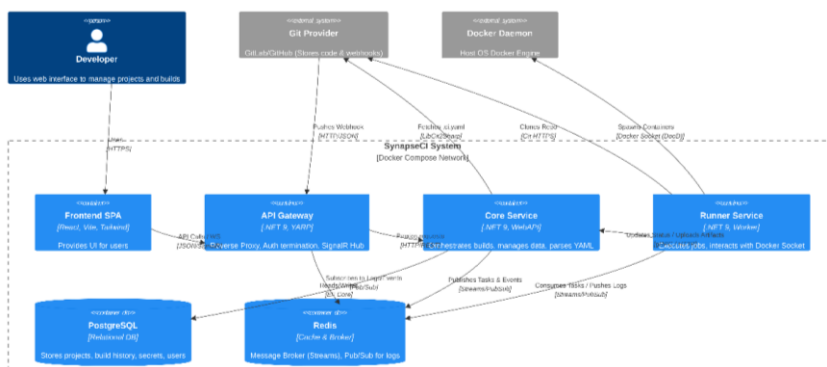


Рисунок 1 – Архитектура системы SynapseCI

Данная система состоит из трех основных компонентов: API Gateway для маршрутизации запросов, Core Service для управления проектами и бизнес-логикой, и изолированных сервисов Runner для выполнения задач. В качестве хранилища данных используется PostgreSQL, а для оркестрации задач и обмена сообщениями – Redis. В системе реализована поддержка вебхуков (GitLab) для автоматического запуска пайплайнов, а также система отображения логов WebSocket.

Литература

- 1 Хамбл, Дж. Непрерывная поставка: автоматизация сборки, тестирования и внедрения ПО / Дж. Хамбл, Д. Фарли. – М.: Вильямс, 2011.
- 2 Ричардсон, К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга / К. Ричардсон. – СПб.: Питер, 2019.

А. А. Гаманович

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛИНАРНЫХ РЕЦЕПТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Целью данной работы являлась разработка мобильного приложения, использующего нейронную сеть для распознавания блюд по изображениям и автоматического заполнения данных рецепта. Для реализации применялись язык программирования Kotlin, архитектурный паттерн MVVM и библиотека TensorFlow Lite [1].

В работе использовалась сверточная нейронная сеть (CNN) [2], обученная на датасете Food-101, содержащем изображения различных кулинарных блюд. Перед обучением изображения проходили этапы масштабирования и нормализации. Для повышения эффективности обучения применялся подход transfer learning [2].

Обучение модели выполнялось с использованием фреймворка Keras, после чего модель была конвертирована в формат TensorFlow Lite для использования на мобильных устройствах [1]. Работа нейронной сети осуществляется локально, без обращения к серверу, что обеспечивает автономную работу приложения.

Результатом работы модели является вектор вероятностей, на основе которого определяется наиболее вероятное блюдо. Полученный результат используется для автоматического заполнения названия блюда и списка ингредиентов. При недостаточной уверенности классификации пользователю предоставляется возможность ручного ввода данных.

Разработанное приложение демонстрирует стабильную работу и подтверждает возможность эффективного применения нейронных сетей в мобильных приложениях кулинарной направленности.

Литература

1 TensorFlow Lite для мобильных и встраиваемых устройств: [сайт]. – URL: <https://www.tensorflow.org/lite> (дата обращения 29.01.2026).

2 Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле. – М.: Питер, 2023. – 576 с.

Д. А. Герасименко

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

ЭКСПОРТ ДАННЫХ В EXCEL НА КЛИЕНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHEETJS

Генерация Excel-файлов непосредственно в браузере – удобная альтернатива серверному экспорту. Она снижает нагрузку на инфраструктуру и даёт мгновенный отклик. Библиотека SheetJS (XLSX) предоставляет простые инструменты для этой задачи [1].

Рассмотрим функцию экспорта ответов пользователей. Исходные данные – объект *test* с массивом *userAnswers*. Каждый элемент содержит фиксированные поля (*surname*, *name*, *school*, *gmail*) и массив *answers* с объектами { *question*, *answer* }. Нужно получить плоскую таблицу: строки – респонденты, колонки – анкетные данные плюс отдельные столбцы для каждого вопроса.

Так как структура *answers* динамическая, массив ответов преобразуется в плоский объект через *reduce*. После чего *map* формирует итоговый массив объектов:

```
const data = test.userAnswers.map(ua => ({  
  "Фамилия": ua.surname,  
  "Имя": ua.name,  
  "Номер": ua.school,  
  "Email": ua.gmail,  
  ...ua.answers.reduce((acc, curr) => ({ ...acc, [curr.question]:  
curr.answer }), {}))));
```

Массив *data* передаётся в *XLSX.utils.json_to_sheet* – метод автоматически создаёт лист с заголовками из ключей первого объекта. Затем формируется книга, лист добавляется с именем «Результаты», и *XLSX.writeFile* сохраняет файл. Весь процесс идёт на клиенте: сервер отдаёт только JSON. Это снижает его нагрузку, ускоряет выгрузку и не зависит от серверных технологий.

В заключение можно сказать, что представленный код – готовый шаблон для быстрой и понятной выгрузки в Excel, требующий минимум усилий и легко адаптируемый под конкретные задачи.

Литература

1 SheetJS: библиотека для работы с Excel-файлами в JavaScript: [сайт]. – 2026 – URL: <https://sheetjs.com/> (дата обращения: 12.02.2026).

А. В. Гирик

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ФРАГМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАРЕЗКИ ВИДЕО

Задача автоматического выделения значимых фрагментов видеоконтента актуальна в условиях роста платформ короткого контента (TikTok, Instagram Reels, YouTube Shorts). В рамках курсового проекта разработана система интеллектуальной нарезки видео на основе мультимодальной оценки значимости фрагментов. Интегральный показатель S_i вычисляется по формуле:

$$S_i = w_a \cdot A_i + w_v \cdot V_i + w_s \cdot T_i + w_d \cdot D_i, \quad (1)$$

где A_i – показатель речевой активности (доля времени активной речи);

V_i – показатель визуальной активности (динамика сцены, движущиеся объекты);

T_i – семантический показатель (структура речи, смысловые акценты);

D_i – нормализованная длительность фрагмента;

w_a, w_v, w_s, w_d – весовые коэффициенты. Все признаки нормализуются к единому диапазону значений.

Показатель A_i вычисляется как отношение времени активной речи к длительности фрагмента с использованием модели Whisper [1]. Визуальная активность V_i определяется по изменениям между соседними кадрами и результатам детекции объектов архитектурой YOLOv8. Семантический показатель T_i формируется на основе анализа ключевых слов и вопросительных конструкций в распознанной речи.

Предложенная модель обеспечивает гибкий подход к задаче нарезки видео: настройка весовых коэффициентов позволяет адаптировать систему к различным форматам контента. Дальнейшее развитие предполагает автоматическое обучение коэффициентов на основе пользовательских предпочтений.

Литература

1 Radford, A. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision / A. Radford [et al.] // Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning. – 2023. – Vol. 202. – P. 28492–28518.

М. А. Гринченко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРОГРАММ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В условиях стремительного развития информационных технологий и роста числа киберинцидентов особую актуальность приобретает задача обеспечения безопасности программных систем. Одним из перспективных направлений является анализ системных вызовов, отражающих взаимодействие программ с операционной системой. Последовательности системных вызовов позволяют выявлять характерные особенности

поведения программ и обнаруживать отклонения от нормального функционирования. В связи с этим задача разработки методов обнаружения аномальной активности программного обеспечения на основе анализа системных вызовов является актуальной и востребованной.

Целью моей работы является исследование возможностей применения математических моделей и методов машинного обучения для выявления аномальной активности программ по последовательностям системных вызовов. В рамках исследования рассматриваются подходы к формированию признакового описания поведения программ, а также методы классификации и обнаружения аномалий.

Процесс обработки данных включает несколько этапов. На первом этапе осуществляется сбор и предварительная обработка журналов системных вызовов: фильтрация, нормализация и формирование последовательностей фиксированной длины. Далее выполняется построение признакового пространства, отражающего частотные и порядковые характеристики вызовов. Для выявления аномалий применяются методы машинного обучения, в том числе алгоритмы классификации и модели обнаружения выбросов. Это позволяет формировать модель нормального поведения программ и фиксировать отклонения, свидетельствующие о возможной вредоносной активности. Особое внимание уделяется оценке качества разработанных моделей с использованием стандартных метрик точности классификации. В рамках работы предполагается разработка программного прототипа на языке Python с использованием библиотек анализа данных и машинного обучения. Разработанные подходы могут быть использованы при проектировании систем мониторинга информационной безопасности, в образовательных целях, а также для повышения защищённости программных и производственных информационных систем.

Д. А. Грудницкий, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ “MIMO JOURNEY” В ЖАНРЕ ROGUELIKE

С момента появления первых текстовых приключений и до сегодняшнего дня жанр Roguelike является одним из самых технически

сложных и интеллектуально емких направлений в разработке видео-игр. Изначально возникшие как эксперименты с символьной графикой, сегодня «рогалики» представляют собой высокотехнологичные программные системы, в которых во главу угла ставится процедурная генерация контента и уникальность каждой игровой сессии.

Следует отметить, что в условиях перенасыщения рынка линейными продуктами, современный пользователь всё больше ценит реиграбельность и глубину механик. У игроков остается всё меньше времени на прохождение предсказуемых сюжетов, что порождает тенденцию к оптимизации игрового времени через короткие, но насыщенные сессии.

Игры жанра Roguelike идеально отвечают этому запросу, предлагая высокую концентрацию игровых событий и постоянно меняющиеся условия, что заставляет пользователя адаптироваться и развивать свои навыки.

Нами разработано игровое приложение “Mimo Journey” в жанре Roguelike. Основная концепция проекта заключается в реализации «бесконечного путешествия» через лабиринт процедурно генерируемых комнат.

В отличие от игр с фиксированным дизайном, “Mimo Journey” строится на математических алгоритмах распределения пространства. Каждая новая попытка прохождения создает уникальную топологию мира, где плотность противников и расположение ключевых объектов взаимодействия меняются, обеспечивая высокую степень непредсказуемости и эмоционального вовлечения.

Для реализации “Mimo Journey” была выбрана кроссплатформенная среда разработки Unity, а также язык программирования C#, позволивший реализовать сложную логику взаимодействия объектов.

В ходе работы над проектом были применены такие технологические решения, как архитектура на основе состояний (State Machine), обеспечивающая четкое разделение логики поведения персонажа и противников, и механика событийной блокировки, препятствующая продвижению игрока до момента полной зачистки текущей локации от противников.

М. А. Гундина, Н. А. Кондратьева
(БНТУ, Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕНТОВ В WOLFRAM MATHEMATICA

Методы математического и компьютерного моделирования стентов прошли путь от узко профильного инженерного анализа к комплексному биомеханическому прогнозированию. Моделирование стента может включать как линейный статический анализ механических свойств, так и комплексные мультифизические модели, взаимодействующие с живой биологической системой [1–2]. Такие задачи об интеграции стента в живую биологическую систему, являются наиболее сложными, они находятся на стыке с биологией и медициной. Их цель – не только проверить прочность стента, а предсказать исход лечения для конкретного пациента.

В результате получена визуализация разработанного алгоритма, позволяющего анимировать процесс раскрытия стента (рисунок 1).

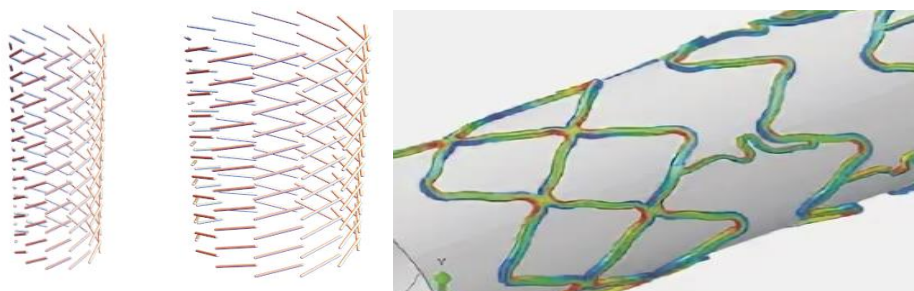


Рисунок 1 – Результат компьютерного моделирования расширения стента в компьютерной системе Wolfram Mathematica. Пример математической модели стента. Иллюстрация распределения напряжений по поверхности стента

Важными также являются задачи усталостной прочности: оценка зависимости циклических нагрузок от числа сердечных сокращений, задачи анализа опасных зон концентрации напряжений; задачи анализа пластических деформаций.

Литература

1 Гундина, М. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния цилиндра, подверженного давлению в упругопластическом случае / М. А. Гундина, О. В. Юхновская // Материалы 14-й междунар. конф. «Приборостроение – 2021», 17–19 ноября 2020 г., – Мн., 2021. – С. 266–267.

2 Гундина, М. А. Спектральный анализ сигнала в системе Wolfram Mathematica / М. А. Гундина // Наука и техника. – 2021. – Т. 2, №20. – С. 173-178.

М. В. Денис
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕТОПОЛОГИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ретопология – это процесс перестроения топологии 3D-модели, при котором создается новая, более оптимальная полигональная сетка поверхности существующей высокополигональной модели. По сути, мы создаем «чистую» версию объекта с контролируемым количеством полигонов и более логичной структурой сетки [1].

Однако традиционные методы ретопологии либо требуют значительных затрат времени на ручную работу опытного художника, либо, будучи автоматизированными, часто не учитывают семантику формы объекта, создавая топологически корректные, но не пригодные для последующей анимации или UV-развертки сетки.

Целью данной работы является исследование и разработка прототипа системы для автоматизированной ретопологии 3D-моделей на основе методов глубокого обучения. Ключевой задачей является генерация чистой, квадро-доминантной топологии, которая соответствует основным чертам исходной формы.

Для реализации прототипа будет использован язык Python и фреймворк глубокого обучения PyTorch. В процессе разработки планируется применение специализированных библиотек (PyTorch Geometric, Open3D).

В качестве среды для тестирования и финальной визуализации результатов будет использован пакет трехмерного моделирования Blender. Его программный интерфейс (Blender Python API) позволит не только импортировать результаты работы модели, но и интегрировать прототип в условный производственный конвейер, а также провести сравнительный анализ качества полученной топологии с эталонными ручными методами по таким критериям, как сохранение деталей, равномерность полигонов, соответствие топологии объекта.

Литература

1 Skypro WIKI: [сайт]. – 2026. – URL: <https://sky.pro/wiki/digital-art/chto-takoe-retopologiya-i-zachem-ona-nuzhna/> (дата обращения: 27.01.2026).

Д. О. Дубров

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЙ

В условиях цифровизации образовательной среды особую актуальность приобретает задача мониторинга санитарно-гигиенических параметров учебных помещений. Качество воздуха, температурный режим, уровень влажности и освещенности напрямую влияют на работоспособность обучающихся и преподавателей, а также на общее состояние здоровья. Отсутствие оперативного контроля и автоматизированного реагирования на отклонения может приводить к снижению концентрации внимания, ухудшению самочувствия и нарушению нормативных требований.

Целью работы является разработка программного обеспечения для комплексного контроля санитарного состояния учебных аудиторий на основе данных с *IoT*-датчиков. Система ориентирована на непрерывный сбор, анализ и визуализацию параметров микроклимата с возможностью автоматического реагирования на критические ситуации.

Функциональные возможности системы включают регистрацию и привязку датчиков по уникальному идентификатору с указанием аудитории и конфигурационных параметров. Телеметрия поступает не реже одного раза в минуту и охватывает ключевые показатели: температуру, влажность, концентрацию CO_2 и уровень освещенности. В системе будет реализован механизм правил и оповещений. Пользователь может настраивать пороговые значения и временные интервалы превышения. Система будет поддерживать формирование суточных,

недельных и месячных отчетов с выделением инцидентов и превышений нормативов. Модуль автоматических рекомендаций, который при соответствующей конфигурации может инициировать включение вентиляции, регулировку освещения или выдачу рекомендаций по проветриванию помещения.

Предлагаемое решение позволяет перейти от реактивного контроля к проактивному управлению микроклиматом учебных аудиторий. Внедрение системы позволит повысить уровень комфорта и безопасности образовательной среды, а также снизить эксплуатационные затраты.

Д. В Касьян

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПЕРЕДВИЖНЫХ ТОРГОВЫХ ТОЧЕК

Обеспечение товарами первой необходимости жителей, отдаленных и малых сельских населенных пунктов часто реализуется посредством выездной торговли, однако отсутствие актуальной информации о графике движения и текущем местоположении автолавок создает неудобства для населения. Разработанный программный продукт представляет собой мобильное приложение класса «тонкий клиент», предназначенное для мониторинга передвижения торговых точек и своевременного информирования жителей деревень о времени их прибытия.

Приложение реализовано на языке Kotlin [1]. Пользовательский интерфейс построен на базе декларативного фреймворка Jetpack Compose, что позволяет создавать адаптивный дизайн для различных типов устройств, а архитектура проекта построена с использованием паттерна MVVM. Ключевой функциональностью системы является отображение маршрута и текущего положения транспорта на карте с помощью MapLibre SDK, а также возможность просмотра графика прибытий.

Особое внимание в разработке уделено работе в условиях нестабильного интернет-соединения, что критически важно для сельской местности: для кэширования расписания и последних полученных

данных, а сетевое взаимодействие с сервером организовано через библиотеку Retrofit Реализация механизмов офлайн-доступа обеспечивает работоспособность приложения даже при временной потере связи, а внедрение системы в целом позволит повысить качество обслуживания сельского населения, сократив время ожидания автолавок.

Литература

1 Android Developers. Save data in a local database using Room: [сайт]. – URL: <https://developer.android.com/training/data-storage/room> (дата обращения: 23.01.2026).

О. Р. Ковтунюк

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ТОВАРОВ И ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕНОВОЙ СТРАТЕГИИ НА МАРКЕТПЛЕЙСАХ

В условиях высокой конкуренции на маркетплейсах актуальна задача разработки автоматизированных систем поддержки принятия ценовых решений. Цель работы – создание программного комплекса, позволяющего проводить кластерный анализ товарного ассортимента, оценивать ценовую эластичность спроса и моделировать сценарии изменения цен на основе данных с платформ Wildberries и Ozon.

В ходе исследования реализован многоэтапный аналитический конвейер. На этапе предобработки данные (цена, продажи, рейтинг, категория, себестоимость) очищались и агрегировались. Для сегментации товаров применялись алгоритмы кластеризации: K-Means (число кластеров – методом локтя), DBSCAN (выявление аномальных товаров) и иерархическая кластеризация. Устойчивость кластеров оценивалась силуэтным коэффициентом и индексом Дэвиса–Болдуина. Для анализа факторов, влияющих на спрос, использовалась регрессионная модель и рассчитывалась ценовая эластичность по кластерам. На основе выделенных сегментов в среде Streamlit разработан интерактивный симулятор, позволяющий моделировать изменение

прибыли при вариации цены с учетом эластичности спроса. Реализован RFM-анализ клиентов для оценки их пожизненной ценности и формирования персонализированных предложений.

Для тестирования системы был использован датасет из 1250 товаров Wildberries и Ozon. Выделено 4 кластера: премиум-сегмент (высокая цена, низкая эластичность, малый объем продаж); массовый сегмент (средняя цена, высокая эластичность, стабильные продажи); низкомаржинальный сегмент (низкая цена, высокая оборачиваемость); товары-аутсайдеры (низкие продажи и рейтинг).

Моделирование показало, что дифференцированное изменение цен в рамках кластеров (повышение на 5–8 % для премиум-сегмента и снижение на 3–5 % для массового) может увеличить совокупную прибыль на 15,7 % при сохранении объема выручки. Система также формирует рекомендации по работе с клиентскими сегментами: например, реактивация «спящих» клиентов через персональные предложения.

И. М. Колос, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА БАЗЕ МОДУЛЕЙ ESP32-CAM С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБРИДНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Современные условия эксплуатации систем видеонаблюдения требуют гибкости передачи видеопотока в условиях нестабильного Wi-Fi-соединения, ограниченной пропускной способности и необходимости масштабирования без значительных капитальных затрат. Традиционные проводные решения обладают высокой стоимостью развёртывания и низкой адаптивностью к изменению конфигурации объекта наблюдения.

В работе предложена распределённая система видеонаблюдения [1] на базе недорогих модулей ESP32-CAM с камерами OV2640 [2]. Архитектура включает два уровня: периферийный (узлы захвата и передачи видеопотока в формате JPEG по TCP/HTTP или MQTT) и центральный (серверное или десктопное приложение на Python для агрегации и визуализации потоков в едином веб-интерфейсе).

Алгоритм работы предусматривает инициализацию камер, подключение узлов к локальной сети, запуск локальных веб-серверов на каждом узле и централизованную обработку потоков на сервере.

Научным новшеством является гибридная архитектура: критические операции (захват и сжатие изображения) реализованы на нативном коде *Arduino* для обеспечения производительности, а высокоуровневая логика (агрегация, визуализация) – на *Python*, что обеспечивает оптимальный баланс между скоростью работы периферии и гибкостью обработки.

Практическая значимость заключается в создании экономичной системы, обеспечивающей передачу видеопотока 640×480 пикселей со скоростью 10–15 кадров/сек и поддерживающей до 8 камер в сети. Решение применимо для видеонаблюдения на небольших предприятиях, складах и частных объектах.

Литература

1 Бёрнс, Б. Распределённые системы. Паттерны проектирования / Б. Бёрнс; [пер. с англ.]. – СПб.: Питер, 2021. – 224 с.

2 *ESP32-C3: беспроводное приключение. Полное руководство по IoT / Espressif Systems*; [пер. с англ. Ю. В. Ревича]. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 442 с.

И. А. Конопацкий

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МОШЕННИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В БЛОКЧЕЙНЕ ПУТЕМ АНАЛИЗА КРИПТОВАЛЮТНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ

В условиях стремительного развития информационных технологий и роста числа киберинцидентов особую актуальность приобретает задача обеспечения безопасности программных систем. Одним из перспективных направлений является анализ системных вызовов, отражающих взаимодействие программ с операционной системой.

Последовательности системных вызовов позволяют выявлять характерные особенности поведения программ и обнаруживать отклонения от нормального функционирования. В связи с этим задача разработки методов обнаружения аномальной активности программного обеспечения на основе анализа системных вызовов является актуальной и востребованной.

Целью моей работы является исследование возможностей применения математических моделей и методов машинного обучения для выявления аномальной активности программ по последовательностям системных вызовов. В рамках исследования рассматриваются подходы к формированию признакового описания поведения программ, а также методы классификации и обнаружения аномалий.

Процесс обработки данных включает несколько этапов. На первом этапе осуществляется сбор и предварительная обработка журналов системных вызовов: фильтрация, нормализация и формирование последовательностей фиксированной длины. Далее выполняется построение признакового пространства, отражающего частотные и порядковые характеристики вызовов. Для выявления аномалий применяются методы машинного обучения (например, метод k -средних или изоляционных деревьев, или алгоритм поиска циклов в ориентированном графе), в том числе статистический анализ (а точнее его метрики (дисперсия, среднее квадратичное отклонение, мат ожидание) и описательные статистики (например, «ящик с усами» для визуальной идентификации аномалий путём анализа относительно квантилей). Это позволяет формировать модель нормального поведения программ и фиксировать отклонения, свидетельствующие о возможной вредоносной активности.

Особое внимание уделяется оценке качества разработанных моделей с использованием стандартных метрик точности классификации. В рамках работы предполагается разработка программного прототипа на языке Python с использованием библиотек анализа данных и машинного обучения.

Разработанные подходы могут быть использованы при проектировании систем мониторинга информационной безопасности, в образовательных целях, а также для повышения защищённости программных и производственных информационных систем.

М. А. Кот, Е. А. Левчук
(БГУ, Минск)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФИНАНСОВОГО МОНИТОРИНГА С ИНТЕГРАЦИЕЙ TELEGRAM API И МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

В условиях активной цифровизации повседневных сервисов задача отслеживания личных финансовых расходов становится все более актуальной. Пользователи стремятся фиксировать и анализировать собственные расходы в удобном формате, избегая сложных приложений и ручного ввода. Однако значительная часть информации о расходах представлена в неструктурированном виде – в текстовых сообщениях и изображениях чеков. Это создаёт потребность в автоматизированных методах обработки и структурирования данных.

В работе рассматривается разработка прототипа системы финансового мониторинга, в которой пользовательский интерфейс основан на мессенджере Telegram. Выбор Telegram обусловлен его широкой распространённостью, развитым API и поддержкой передачи как текстовых сообщений, так и изображений. Система представляет собой набор взаимодействующих сервисов. Такой подход позволяет разделить ответственность между компонентами и обеспечить гибкость архитектуры.

Архитектурно система включает gateway-сервис, который отвечает за взаимодействие с Telegram API, получение пользовательских сообщений и их последующую маршрутизацию при помощи брокера сообщений RabbitMQ. Для обработки различных типов данных предусмотрены следующие подсистемы: сервис обработки текстовых сообщений, использующий методы обработки естественного языка, и сервис обработки изображений, основанный на модели класса Document Understanding Transformer (Donut). После обработки данные агрегируются и сохраняются в базу данных, откуда они могут быть переданы в аналитический модуль для формирования статистики пользовательских расходов.

Представленный подход демонстрирует возможность построения единой системы финансового мониторинга, объединяющей обработку текстовых сообщений и изображений в рамках привычного для пользователя интерфейса.

А. П. Кречко
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ПОЛИТИК АНТИВИРУСНОЙ ЗАЩИТЫ В СЕРВЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Серверная инфраструктура корпоративных и образовательных систем обеспечивает хранение, обработку данных и функционирование критически важных сервисов. Рост количества вредоносного программного обеспечения и усложнение целевых атак на серверы обуславливают необходимость повышения эффективности антивирусной защиты в соответствии с требованиями нормативных документов [1].

Серверные системы характеризуются высокой критичностью информации и необходимостью обеспечения непрерывной доступности. Стандартные настройки антивирусного ПО зачастую не обеспечивают оптимального баланса между уровнем защиты и производительностью. Эффективность защиты определяется разработкой специализированных политик безопасности, задающих параметры работы защитных модулей, режимы сканирования, порядок обновления антивирусных баз и механизмы реагирования на угрозы [2].

Серверная инфраструктура рассматривается как совокупность функционально различных компонентов. Для них формируются дифференцированные политики антивирусной защиты с учётом назначения серверов и особенностей эксплуатации. Централизованное внедрение таких политик обеспечивает единообразие настроек, контроль состояния защиты и оперативное реагирование на инциденты.

Применение дифференцированных политик антивирусной защиты способствует повышению устойчивости серверной инфраструктуры и улучшению управляемости системы защиты.

Литература

- 1 Об информации, информатизации и защите информации: Закон Республики Беларусь от 10 нояб. 2008 г. № 455-З.
- 2 Kaspersky Security Center 15.1: Руководство по администрированию (Windows). – М.: АО «Лаборатория Касперского», 2025. – URL: <https://img.kaspersky.com/oh/KSC/15.1/ru-RU/KSC-Windows-15.1-ru-RU.pdf>.

К. Д. Крогаль, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ ДАТЧИКОВ РАССТОЯНИЯ И ДРАЙВЕРОВ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Известно, что в системах робототехники и автоматизации применяется связки из датчиков расстояния и систем управления двигателями, где ультразвуковые датчики расстояния обнаруживают препятствия, а драйверы двигателей обеспечивает безопасное движение. Такие системы могут применяться для сканирования пространства; автоматизации складских операций, а также для учебных и экспериментальных робототехнических платформ.

Архитектура системы построена по принципу клиент-сервер с распределёнными узлами сбора данных и управления. Центральный сервер (выполненный на языке программирования *Rust*) осуществляет агрегацию телеметрии, логику принятия решений, хранение истории измерений и выдачу управляющих команд. Клиентские узлы реализованы на микроконтроллерах *ESP32* (прошивка написана на языке *C*). Каждый узел включает:

- ультразвуковой датчик расстояния для периодического измерения дистанции;
- драйвер шагового двигателя и собственно шаговый двигатель;
- Wi-Fi модуль *ESP32* для связи по протоколу *MQTT* (или *WebSocket* в качестве альтернативы).

Сеть организована следующим образом: клиенты публикуют телеметрию (текущее расстояние, статус двигателя, уровень сигнала, напряжение питания) в *MQTT*-брокер (*Mosquitto* или встроенный в *Rust*-сервер) с частотой 5–10 Гц; сервер подписывается на эти топики, выполняет обработку (фильтрацию шумов, усреднение, обнаружение аномалий), принимает решения (например, «остановить двигатель при расстоянии < 15 см») и отправляет команды управления (угол поворота, скорость, направление, режим микрошага). Для повышения надёжности в локальной сети используется *QoS 1* в *MQTT*, а также периодический *heartbeat*-механизм обнаружения отключения узлов.

Реализация на *Rust* для серверной части обеспечивает высокую производительность обработки потоков данных, безопасность памяти и удобство параллельной обработки сообщений от нескольких десятков узлов. Прошивка на *C* для *ESP32* минимизирует потребление ресурсов и даёт полный контроль над таймингами импульсов двигателя и измерений датчика.

Разработанное решение позволяет строить масштабируемые системы мониторинга и управления. Это могут быть распределённые платформы для построения карт местности методом последовательного сканирования пространства с получением облака точек для навигации роботов.

Литература

1 Гайдышев, И. Обработка и анализ данных / И. Гайдышев. – СПб.: Питер, 2017. – 752 с.

2 Espressif Systems. ESP-IDF Programming Guide: [сайт]. – URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/>. (дата обращения: 15.02.2026).

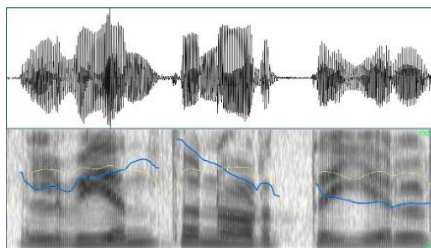
3 Hudak, P. The Rust Programming Language / P. Hudak [и др.]. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 624 с.

С. Ю. Крышнеў
(ГДУ імя Ф. Скарыны, Гомель)

КОМПЛЕКСНАЯ АПРАЦОЎКА АЎДЫЁСІГНАЛАЎ ДЛЯ АНАЛІЗУ ІНТАНАЦЫЙНЫХ КОНТУРАЎ МАЎЛЕННЯ

Актуальнай задачай сучаснай тэорыі і практыкі апрацоўкі аўдыё-сігналаў з’яўляецца пабудова сістэм маўленчага аўдыёпрацэсінгу, якія здольныя разрозніваць не толькі гукі з улікам фанемных апазіцый, але і агульны меладычны малюнак маўлення. У фаналогіі і фанетычнай акустыцы існуе вялікая колькасць метадых, якія ставяць мэтай перадаць меладычны малюнак маўлення (melodic tune), найбольш вядомымі з якіх з’яўляюцца музычная натацыя, а таксама метадыкі Х. Палмера і Р. Кінгдана [1]. Агульным недахопам стандартных метадых інтанацыйнага транскрыбавання з’яўляецца адсутнасць уцямнай дыферэнцыяцыі паміж частотным і амплітудным спосабамі вылучэння фразавога націску, што,

у сваю чаргу, прыводзіць да немагчымасці стварыць дакладную праграма-тэхнічную спецыфікацыю для сістэм сінтэзу маўлення. Для даследавання меладычнага малюнку маўлення з'яўляецца мэтазгодным правядзенне комплекснага аналізу інтанаграмаў (дынамікі змянення самога моўнага аўдыёсігналу) і санаграмаў (спектральнай дынамікі моўнага аўдыёсігналу). Прыклад сукупнага разгляду гэтых характарыстык у адзіным маштабе часу паказаны на малюнку 1.



Малюнак 1 – Сукупны аналіз інтанаграмаў і санаграмаў

З дапамогай класічнага інструментарыя лічбавай апрацоўкі сігналаў і тэхналогій штучнага інтэлекту, уяўляецца магчымым аўтаматызоўваць транскрыбаванне дынамікі фармантнай структуры выказвання для далейшага сінтэзу ў практычных дастасаваннях, накіраваных на аўдыёслоўнікаў і аўдыёінтэрфейсаў.

Літаратура

1 Борисова, Л. В. Теоретическая фонетика английского языка: Учеб. пособие для ин-тов и фак. ин. яз. / Л. В. Борисова, А. А. Метлюк – Мн.: Вышэйшая школа, 1980. – 142 с.

С. Ю. Крышнеў
(ГДУ імя Ф. Скарыны, Гомель)

АЛГАРЫТМ ПЕРАДАЧЫ СУПЕРСЕГМЕНТНЫХ ФАНЕТЫЧНЫХ АДЗІНАК У ПРАГРАМНА-АППАРАТНЫХ СІСТЭМАХ АНАЛІЗУ І СІНТЭЗУ МАЎЛЕННЯ

У мэтах паляпшэння тэхналогій аўтаматычнага распазнавання і сінтэзу маўлення, стварэння эфектыўных навучальных метадык

для маўленчай практыкі і рэабілітацыі, стварэння дасканалых аўдыё-слоўнікаў, актуальнай задачай з'яўляецца выбар спосаба знакава-кодавай перадачы суперсегментных (інтанацыйных, прасадычных) сродкаў маўлення.

Інтанацыя не толькі з'яўляецца абавязковай структурнай характарыстыкай моўнага выказвання, але і выконвае шэраг важных моўных функцый: дэлімітатыўную (размежавальную), акцэнтна-інфармацыйную, камунікатыўную, мадальна-эмацыйную [1]. Фрагмент выказвання, сінтэзаваны зададзеным тэмбрам голасу з выкарыстаннем меладычнага малюнку (інтанацыйнага контура), адрозніваецца жывасцю, натуральнасцю і якаснай перадачай эмоцый. З пазіцый апрацоўкі акустычных сігналаў гэта дасягаецца за кошт патокавай функцыянальнай суперпазіцыі акустычных эквівалентаў сегментных адзінак маўлення (гук, склад, слова, сінтагма, выказванне) і акустычных кампанентаў інтанацыі, г.зн. суперсегментных сродкаў.

Аналіз інтанаграм і санаграм – фармантных трэкаў маўлення паказвае, што эфект вылучэння розных частак выказвання ствараецца комплексам мадыфікацый прасадычных параметраў, якія ў агульным выглядзе можна апісаць як 1) змену інтэнсіўнасці, 2) змену хуткасці артыкуляцыі і 3) змену вышыні тону, злучаныя з ударным складам семаantyчна вылучанага слова. Менавіта гэтыя тры параметры і маюць быць закадаваныя для задач аналізу і сінтэзу акустычных сігналаў маўлення. Такім чынам, працэс кадавання інтанацыі пачынаецца з аналізу аўдыёсігнала, дзе ключавыя інтанацыйныя параметры маўлення (гучнасць, зрух частаты і працягласць) здабываюцца з запісаных даных, і, у сваю чаргу, з'яўляюцца апорнымі задаючымі сігналамі пры ажыццяўленні сінтэзу маўлення [2].

Літаратура

1 Карневская, А. Б. Практическая фонетика английского языка на продвинутом этапе обучения: учебник / А. Б. Карневская, Я. А. Мисурно, Л. Д. Раковская; под общ. ред. А. Б. Карневской. – 6-е изд., переработанное. – Мн.: Аверсев, 2017. – 411 с.

2 Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис. – 2-е изд. – 2004. – 992 с.

А. В. Кудрявцева, Н. П. Шутько
(БГТУ, Минск)

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ВИЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТА ОТ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ

Генеративные нейросети создают угрозу авторским правам, генерируя изображения на основе защищённых данных [1]. Генеративные модели обучаются на большом количестве изображений из сети интернет. Часто авторские работы используются без разрешения правообладателей, при этом уничтожаются видимые водяные знаки. В работе рассматривается стеганографическое решение на базе браузерных технологий Canvas и WebGL.

Стеганография позволяет незаметно встраивать идентификационную авторскую информацию с помощью метода LSB или частотных коэффициентов DCT. В браузере защита реализуется динамически: Canvas 2D обеспечивает модификацию LSB по секретному ключу, WebGL – встраивание маркера в рендер-пайплайн через GLSL-шейдер, что делает его устойчивым к обрезанию, векторным форматам и другим преобразованиям [2]. Сервер выдаёт уникальный токен, клиентский скрипт внедряет его при рендере; при подозрении на кражу маркер извлекается за сотни миллисекунд. Дополнительно используется adversarial-подход с шумом, мешающим искусственному интеллекту [3].

Стеганографическая защита на основе Canvas и WebGL обеспечивает незаметное маркирование контента, устойчивое к генеративным нейросетям, без потери качества.

Литература

- 1 Мусливчик, М. А. Методы нейросетевой стеганографии и стегоанализа / М. А. Мусливчик, Н. П. Шутько // Передовые технологии и инновации в образовании и науке для улучшения качества жизни и стимулирования устойчивого экономического роста: сб. ст. – Т. 1. – Мн.: БГТУ, 2025. – С. 216–219.
- 2 Блинова, Е. А. Стеганографический метод на основе встраивания дополнительных значений координат в изображения формата SVG / Е. А. Блинова, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. – Сер. 3, Физ.-мат. науки и информ. – Мн.: БГТУ, 2018. – С. 104–109.

3 Identifying AI-generated images with SynthID: [site]. – URL: <https://deepmind.google/blog/identifying-ai-generated-images-with-synthid> (date of access 15.02.2026).

Д. А. Лис, Н. П. Шутько
(БГТУ, Минск)

ЭРГОНОМИКА И ДОСТУПНОСТЬ МОБИЛЬНЫХ ВЕБ-ФОРМ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Эргономика и доступность мобильных веб-форм для людей с ограниченными возможностями направлены на обеспечение равного доступа к онлайн-сервисам независимо от вида нарушений. Исследование Яндекса [1] показывает, что почти все активные незрячие пользователи имеют сенсорные смартфоны, поэтому веб-интерфейсы остаются ключевым способом взаимодействия с цифровой средой. При этом часть респондентов избегает мобильного серфинга из-за неудобных сайтов, что подчеркивает актуальность разработки качественных мобильных веб-форм [2].

В работе рассматриваются основные требования к формам, сформулированные в стандартах WCAG 2.1/2.2 [3] и специализированной литературе по мобильной доступности. Выявлено, что элементы управления должны быть достаточно крупными для касания, все интерактивные компоненты – фокусируемыми, а порядок фокуса – логичным и соответствующим структуре сайта. Кроме того, важным аспектом является достаточная контрастность, наличие явных подписей полей и связанных с ними подсказок и сообщений об ошибках, чтобы информация корректно воспринималась экранными дикторами. Учитывая распространённость мобильных устройств и скринридеров среди пользователей с нарушениями зрения, соблюдение этих принципов позволяет существенно повысить удобство и эффективность работы с мобильными веб-формами.

Литература

- 1 Яндекс: [сайт]. – URL: <https://yandex.ru/company/news/02-01-02-2024> (дата обращения: 14.02.2026).
- 2 Лис, Д. А. Адаптация веб-форм для людей с ограниченными возможностями / Д. А. Лис, Н. П. Шутько // Будущее через исследования: сб. Материалов. – Минск, БГТУ, 2026. – С. 81–85.
- 3 W3C: [сайт]. – URL: <https://www.w3.org/WAI/standardsguidelines/wcag/> (дата обращения: 14.02.2025).

С. С. Лобач

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ФРЕЙМВОРКА ДЛЯ КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ОДНОСТРАНИЧНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

В настоящее время веб-разработка немыслима без одностраничных приложений. В фреймворках React, Vue, Angular предусмотрены универсальные средства, однако их использование в малых и средних проектах часто приводит к неоправданному усложнению проекта. Разработчикам приходится настраивать плоские народные сборщики (Webpack, Vite), изучать специфические синтаксисы (JSX, шаблонизаторы) и загружать избыточный объем кода.

Целью данной работы является создание фреймворка, который сохраняет преимущества реактивного подхода, но лишен избыточности популярных решений.

При проектировании фреймворка были сформулированы следующие основные требования: отсутствие внешних зависимостей, интуитивно понятный API и модульная структура.

Построение фреймворка выполнено по модульному принципу. Предусмотрены следующие подсистемы:

- 1 Реактивное ядро: на основе паттерна Наблюдатель обеспечивает автоматическое оповещение компонентов об изменениях данных.
- 2 Виртуальный DOM: прослойка, минимизирующая операции с DOM благодаря алгоритму дифференциального сравнения.
- 3 Маршрутизатор: нативный модуль, использующий History API для декларативного описания путей, включая вложенность и защиту маршрутов.

4 Функциональные компоненты: чистые функции, преобразующие входные данные в описание виртуального узла.

Разработанный фреймворк позволяет создавать одностраничные приложения без потери производительности ради удобства разработки. Его использование будет эффективным при создании прототипов, корпоративных панелей управления, т.е. когда важен быстрый старт проекта. В качестве перспектив развития предусматривается создание экосистемы плагинов для интеграции с внешними API и внедрение механизма серверного рендеринга для улучшения SEO.

Литература

1 Миковски, М. С. Разработка одностраничных веб-приложений / М. С. Миковски, Дж. К. Пауэлл. – СПб.: Питер, 2016. – 394 с.

А. В. Малышко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗОМЕТРИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

В условиях активной цифровизации инженерной деятельности и широкого применения систем автоматизированного проектирования изометрические чертежи остаются важным средством представления пространственных объектов на плоскости. Вместе с тем значительное количество графической документации существует в виде растровых изображений, что затрудняет их дальнейшее использование в САД-средах. В связи с этим особую актуальность приобретает задача автоматического распознавания изометрических чертежей и построения по ним корректных цифровых моделей.

Целью моей работы является исследование возможностей применения методов машинного обучения для решения задач распознавания элементов изометрических чертежей и последующего формирования их цифровых трёхмерных моделей. В рамках исследования рассматриваются подходы к автоматическому выделению линий, вершин, дуг и других геометрических примитивов, а также методы восстановления пространственной структуры объекта по его изометрической проекции.

Процесс обработки включает несколько этапов. На первом этапе выполняется предварительная обработка изображения: бинаризация, фильтрация шумов и выделение контуров. Далее применяются алгоритмы компьютерного зрения для обнаружения отрезков и узловых точек. Для классификации графических примитивов и распознавания их взаимного расположения используются методы машинного обучения, в том числе алгоритмы кластеризации и нейронные сети. Это позволяет учитывать особенности изометрической проекции.

Особое внимание уделяется задаче реконструкции трёхмерной модели на основе распознанных двумерных данных. На основании выявленных геометрических связей формируется параметрическое описание объекта. Для решения поставленных задачи может быть разработан программный прототип на языке Python с использованием библиотек компьютерного зрения и машинного обучения.

Разработанные подходы могут быть использованы при создании интеллектуальных систем оцифровки инженерной документации, в образовательных целях, а также для интеграции архивных графических материалов в современные цифровые проектные среды.

В. Р. Мартыненко, В. М. Петручик
(БрГТУ, Брест)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ MATHEMATICA

При изучении физики на уровне высшей школы в разделе «Молекулярная физика» дается представление об уравнении состояния реальных газов. В качестве примера приводится уравнение Ван-дер-Ваальса. Однако, это уравнение является лишь переходным от состояния идеального газа к реальному и, строго говоря, не подтверждает экспериментальные данные ни для одного из веществ.

Целью нашей работы являлось исследование двух уравнений Бертло и Воля (названы фамилиями ученых, которые их представили).

Уравнение Бертло имеет следующий вид:

$$\left(p + \frac{a}{Tv^2}\right)(v - b) = RT. \quad (1)$$

Значения постоянных a и b определяются из условий для критической точки

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_{T_{кр}} = 0 \text{ и } \left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_{T_{кр}} = 0. \quad (2)$$

Уравнение Воля, характеризующееся тремя константами, записывается следующим образом:

$$p = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{Tv \cdot (v-b)} + \frac{c}{T^2 v^3}. \quad (3)$$

Коэффициенты a и b в уравнении (1), a , b и c в уравнении (3), определяли с помощью пакета компьютерной алгебры “Mathematica”, используя справочные данные для воздуха в интервале температур 300–600 К, для давлений в пределах от 1 до 10 МПа. Полученные значения коэффициентов удовлетворительно согласуются с результатами, которые получаются из формул, приведенных в [1]. Однако, меньшую погрешность в расчетах показало уравнение Воля.

Литература

1 Сычев, В. В. Термодинамические свойства воздуха. Монография. / В. В Сычев [и др.]. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 276 с.

Н. В. Молявко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА ЛИМИТОВ ПИТАНИЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Реализация программного решения выполнена на платформе .NET с использованием языка C#. Данный стек обеспечивает высокую производительность, гибкость интерфейса и общую надёжность системы. Учитывая особенности ИТ-инфраструктуры предприятия, где до настоящего времени используются приложения на базе DOS и

Visual FoxPro, циркуляция данных организована через таблицы формата DBF. Это обеспечивает бесшовную интеграцию новых решений с унаследованным ПО, исключая дублирование данных на переходном этапе.

Архитектура системы построена по принципу тонкого клиента: модуль бухгалтерии и операционный модуль для торговых точек работают с общими таблицами через унифицированный слой доступа к данным. Это обеспечивает целостность информации при одновременной работе нескольких пользователей и исключает конфликты, характерные для устаревших форматов. Модуль бухгалтерии автоматически рассчитывает индивидуальные лимиты средств на основе данных заработной платы, предоставляет бухгалтеру инструменты для ручной корректировки лимитов, настройки резервного процента и установки запретов на продажу. Операционный модуль для точек питания отображает сотрудника, его остаток средств и историю покупок, блокируя операции при превышении лимита. Транзакции в реальном времени передаются в бухгалтерию для последующего удержания из зарплаты. Система обеспечивает прозрачность расходов, исключает перерасход средств и легко адаптируется под изменения учётной политики.

М. Д. Назаров
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ 3-D ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВКИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Разработанное клиент-серверное приложение предоставляет инструменты для расстановки мебели, выбора отделочных материалов, настройки освещения и просмотра результата в 3-D. Для программной реализации веб-приложения использовался: React; Three.js для 3-D графики и Node.js для серверной части. Для хранения проектов и пользовательских данных используется MongoDB.

Приложение включает следующие основные модули: 1. редактор помещений с возможностью рисования стен, окон, дверей; 2. библиотека 3-D моделей мебели и объектов интерьера; 3. система материалов и текстур; 4. инструмент просмотра и навигации в 3-D сцене;

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

5. система сохранения и загрузки проектов. Для тестирования приложения используется фреймворк Jest и инструмент визуального тестирования Storybook. Интерфейс приложения представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Интерфейс редактора планировки помещения

Литература

1 Интерактивная 3D-визуализация интерьеров на основе Three.js и React. Веб-технологии и компьютерная графика: [сайт]. – 2024. – URL: <https://web3djournal.ru/articles/interactive-3d-interior-visualization>. (дата обращения: 25.01.2025).

О. Г. Оскирко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АНАЛИЗА МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ В ДИАГНОСТИКЕ ИНСУЛЬТА

Процесс экстренной диагностики острого ишемического инсульта по данным МРТ головного мозга представляет собой сложный комплекс бизнес-процессов. В работе спроектирована информационная система для автоматизации анализа МРТ с использованием технологий искусственного интеллекта, где предметом является информационная система как средство автоматизации и поддержки врачебных решений.

Для моделирования были применены структурный анализ и графическое моделирование: построены контекстные диаграммы, диаграммы вариантов использования, активности и последовательностей. Спроектирована архитектура системы, логическая структура БД, интерфейс пользователя и сценарии использования. Оценка эффективности системы включает метрики точности обнаружения зон ишемии, времени обработки и снижения ошибок диагностики.

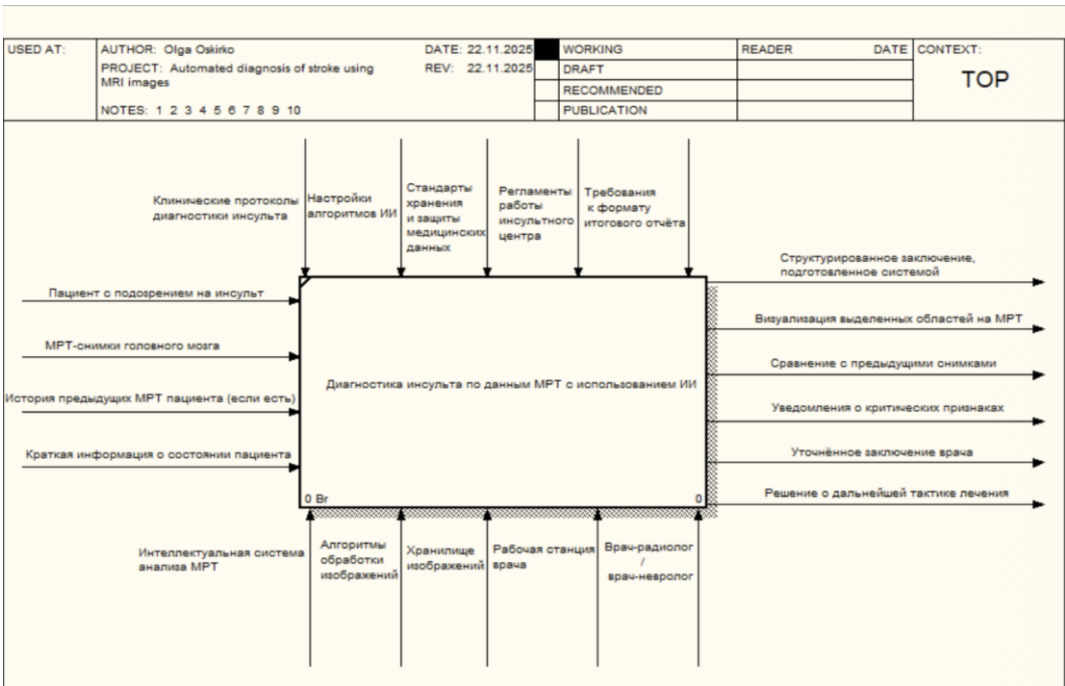


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма системы диагностики инсульта по данным МРТ с использованием ИИ

Таким образом, применение таких моделей позволяет автоматизировать обнаружение ишемических повреждений, повысить скорость и точность диагностики инсульта, снизить нагрузку на врачей и минимизировать риски.

Литература

1 Инновационные подходы в нейровизуализации: Роль МРТ и Искусственного интеллекта в диагностике и демиелинизирующих заболеваний ЦНС. Обзор: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-podhody-v-neyrovizualizatsii-rol-mrt-i-iskusstvenno-go-intellekta-v-diagnostike-demieliniziruyuschih-zabolevaniy-tsns/viewer>(дата обращения: 17.02.2026).

Д. С. Осовцова
(БГУ, Минск)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Анализ временных рядов является важной задачей в научных и прикладных исследованиях и требует применения формальных статистических методов [1–3]. Существующие пакеты (например, SPSS, R) требуют навыков программирования либо глубоких статистических знаний и не автоматизируют полный цикл первичного анализа.

Для решения задачи разработан программный комплекс на языке Python, который на входе принимает только временной ряд и автоматически реализует полный цикл его первичного анализа: 1) расчет описательных статистик, проверку нормальности тестами Shapiro-Wilk, Jarque-Bera и анализ выбросов методами IQR, Z-score; 2) анализ стационарности тестами ADF, KPSS и автоматическое определение периода сезонности; 3) выбор типа модели аддитивной или мультипликативной и классическую декомпозицию ряда на тренд (T), сезонность (S) и остаток (E); 4) верификацию модели расчетом MAD, MSE, коэффициента детерминации R^2 и формирование отчета. Полученный ряд остатков (E) автоматически проходит проверку по пунктам 1) – 2), а ее результаты также включаются в итоговый отчет со всеми вычисленными характеристиками и графиками.

Комплекс выполняет детерминированную последовательность операций, гарантируя воспроизводимость результатов и исключая субъективные ошибки. Автономный выбор модели минимизирует экспертное вмешательство, а итоговый отчет снижает когнитивную нагрузку, стандартизируя аналитическую работу.

Литература

- 1 Айвазян, С. А. Прикладная статистика. Основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: Юнити-Дана, 2001. – 1088 с.
- 2 Цеховая, Т. В. Оценки характеристик второго порядка во временной области стационарных процессов / Т. В. Цеховая, Н. Н. Труш. – Мн.: БГУ, 2020. – 75 с.
- 3 Элдоус, М. Методы принятия решений / М. Элдоус, Р. Стэнсфилл. – М.: Аудит, 1997. – 590 с.

А. О. Проскудин, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРЕДИКАТИВНАЯ АНАЛИТИКА ТЕЛЕМЕТРИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Актуальность работы обусловлена необходимостью цифровой трансформации процессов обслуживания газораспределительной инфраструктуры. Ключевые узлы сети – газорегуляторные пункты (ГРП) и шкафные газорегуляторные пункты (ШРП) – традиционно обслуживаются по планово-предупредительному графику. Такой подход не всегда позволяет оперативно выявить скрытые дефекты, что может привести к аварийным остановкам подачи газа или утечкам.

Разработка распределенной системы сбора и интеллектуального анализа телеметрии позволит перейти к ремонту оборудования «по фактическому состоянию». Цель работы – разработка системы мониторинга и прогнозирования отказов оборудования на основе статистического анализа телеметрии.

Система реализована на базе архитектуры *IoT* (интернет вещей).

1 Уровень сбора данных: сеть беспроводных датчиков, установленных в ШРП и ГРП, фиксирует рабочие показатели. Передача данных на сервер осуществляется по легковесному протоколу *MQTT*.

2 Серверная часть и хранение: бэкенд разработан на языке *Python*, в качестве хранилища данных используется СУБД *TimescaleDB*.

3 Аналитический модуль: обработка информации выполняется с применением библиотек *Pandas* и *Scikit-learn*, реализованы алгоритмы регрессионного анализа для выявления трендов и методы детекции аномалий для фиксации нехарактерного поведения оборудования до момента поломки.

4 Визуализация: клиентская часть выполнена на фреймворке *React.js*, интерфейс предоставляет диспетчеру интерактивные графики и дашборды, прогнозируемые риски на ближайший период.

Разработанная система автоматизирует мониторинг ГРП и ШРП, а модуль предиктивной аналитики позволяет выявлять дефекты оборудования на ранних стадиях. Это обеспечивает переход к проактивному обслуживанию, повышая надежность сети и безопасность эксплуатации при снижении затрат на аварийные ремонты.

В. Н. Романчук
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА КОРПОРАТИВНОЙ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8

CRM-система (Customer Relationship Management) предназначена для автоматизации процессов управления взаимоотношениями с клиентами, воронкой продаж и повышения уровня клиентской лояльности. В рамках дипломного проекта разрабатывается корпоративная CRM-система для малого бизнеса на платформе 1С: Предприятие 8.

Функциональность системы включает ведение базы клиентов и контрагентов, регистрацию и обработку лидов, управление сделками и этапами воронки продаж, фиксацию истории взаимодействий с клиентами, а также контроль эффективности работы менеджеров по продажам. Предусмотрены механизмы сегментации клиентов и формирования аналитической отчётности.

Проектирование приложения выполнено с использованием типовых объектов метаданных платформы 1С: Предприятие 8: справочников, документов, регистров сведений и накопления. Пользовательский интерфейс реализован на основе управляемых форм, а бизнес-логика – средствами встроенного языка 1С с применением модулей объектов, форм и общих модулей. Для построения отчётности используется Система компоновки данных.

Разработка выполнена на платформе 1С: Предприятие 8.3 в виде законченной прикладной конфигурации, ориентированной на практическое использование в условиях малого бизнеса. Архитектура решения обеспечивает масштабируемость, адаптацию под специфику бизнес-процессов предприятия и возможность дальнейшего функционального расширения.

Литература

1 Радченко, М. Г. 1С:Предприятие 8.3. Практическое руководство разработчика: [сайт]. – URL: <https://infostart.ru/public/1652648/> (дата обращения: 20.01.2025).

Е. Л. Самусева
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЛИЧНЫХ ДЕЛ С ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ДНЕВНИКА УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ № 11 ГОРОДА ГОМЕЛЯ

Вызовы современного мира создают необходимость во внедрении элементов информатизации во все сферы жизни. В особенности это касается учреждений образования, что должны выступать на острие научных инноваций. Современная школа требует перехода от бумажных журналов к автоматизированным системам учета успеваемости. Это упростит процесс учета успеваемости детей их родителями, предоставит более полную и наглядную картину успеваемости.

Разрабатываемая программная среда должна содержать систему разделения прав и пользовательских интерфейсов. В правах учителей должен быть внедрен функционал выставления оценок ученикам. Права пользователей-учеников и пользователей-родителей должны ограничиваться операциями чтения: просмотром выставленных оценок, просмотром домашних заданий, рейтинга успеваемости. Права администрации школы должны включать возможности управления данными справочников: преподавательским составом, составом классов, расписанием и учебной программой. Им должны быть предоставлены также права на корректировку данных об успеваемости на случай внесения неверной информации преподавателями. Возможности разработчика могут давать полный и широкий спектр полномочий, таких как манипуляции с исходным кодом, структурой базы данных.

Архитектура программного обеспечения должна реализовать классическую трехуровневую схему. Слой представления в ней обеспечивается средствами языка *JavaScript* и фреймворка *Angular*, проводя *CRUD* запросу к слою логики. Логический слой обеспечен стеком объектно-ориентированного языка *Java*, предоставляя широкие возможности доступа к справочникам базы данных с СУБД *MySQL*.

Внедрение данного программного комплекса позволит повысить прозрачность образовательных процессов, а главное – позволит ускорить производство бюрократических процессов. Хранение информации при

помощи современных технологий дает высокую степень масштабируемости функциональной логики и позволит хранить данные на протяжении многих лет.

В. В. Сеноженский, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ И АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ ESP32

Традиционные системы автоматического освещения, основанные на пассивных инфракрасных (*PIR*) датчиках, ограничены бинарной логикой «включено/выключено», так как способны реагировать лишь на факт движения. Ключевым их недостатком является неспособность определять расстояние до объекта, что не позволяет регулировать яркость света по мере приближения человека.

В работе предложена распределённая система для мониторинга присутствия и адаптивного управления освещением на базе недорогого модуля *ESP32*. Архитектура системы включает два уровня: периферийный и центральный.

Периферийный узел реализован на микроконтроллере *ESP32*, к которому по интерфейсу *UART* подключен микроволновый радарный датчик *LD2410* для определения движения и расстояния до объекта. Передача телеметрических данных на центральный уровень осуществляется по беспроводной сети *Wi-Fi*.

Центральный уровень представляет собой веб-приложение, разработанное на языке *Python* с использованием фреймворка *Flask* и библиотеки *Socket.IO*. Клиент получает данные в реальном времени, обеспечивает их визуализацию в виде графика и отображение текущих значений в удобном для пользователя виде.

Практическая значимость заключается в создании экономичной и легко масштабируемой системы, применимой для интеллектуального освещения на небольших предприятиях, в офисных коридорах и элементах «умного дома». Это позволяет реализовывать различные сценарии светового дизайна, например, последовательное освещение

ступеней лестницы при движении человека, что обеспечивает существенную экономию электроэнергии и повышает визуальный комфорт.

Литература

1 *ESP32-C3: беспроводное приключение. Полное руководство по IoT / Espressif Systems*; [пер. с англ. Ю. В. Ревича]. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 442 с.

2 Бёрнс, Б. Распределённые системы. Паттерны проектирования / Б. Бёрнс; [пер. с англ.]. – СПб.: Питер, 2021. – 224 с.

А. А. Степанов, Е. А. Левчук
(БГУ, Минск)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И СУММАРИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕКСТОВ

Обработка текста давно является одним из главных методов получения и передачи информации. Со значительным развитием компьютерных технологий сфера обработки текстов также изменилась. Увеличение количества текста, необходимого для обработки поставило проблему автоматизации такой сложной задачи. В настоящее время для такого рода задач используются методы машинного обучения.

Использование клиент-серверной архитектуры открывает всем пользователям, имеющим доступ к интернету, возможность пользоваться инструментами, позволяющими оптимизировать рутинную работу и повысить эффективность в целом. Чёткое разделение на клиентскую и серверную части позволяет разрабатывать и тестировать их независимо, что положительно сказывается на скорости разработки, поддержке и качестве итоговой системы.

Обработка текста, написанного человеком, является нетривиальной задачей в сравнении с обработкой кода программ, а также схем по причине многозначной структуры, которая может меняться от текста к тексту. По данной причине запрограммировать классический алгоритм, корректно обрабатывающий текст за разумное время является неподъёмной на данный момент задачей. В свою очередь, использование

методов машинного обучения как раз призвано решать задачи, идеальное решение которых найти не представляется на данный момент возможным.

Использование методов машинного обучения для нетривиальных задач позволяет оценить качество работы итогового продукта не только во время мануального тестирования, но и с помощью уже сформулированных метрик, что позволяет получить качественную и корректную оценку работоспособности и релевантности системы. Также метрики позволяют оценить работоспособность моделей машинного обучения на любых наборах данных, что позитивно сказывается на работоспособности модели.

Таким образом, веб-приложение, использующее методы машинного обучения для обработки текстов, должно помочь большому числу пользователей оптимизировать свою работу и повысить эффективность работы с текстовыми файлами.

К. Д. Стефаник

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНИКИ УПРАЖНЕНИЙ НА ОСНОВЕ POSE ESTIMATION С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ TENSORFLOW.JS

В работе реализовано клиентское веб-приложение для реального времени оценки техники выполнения физических упражнений с использованием модели PoseNet (TensorFlow.js) [1]. Модель обеспечивает детекцию 17 ключевых точек тела на видеопотоке с веб-камеры или загруженного файла непосредственно в браузере без передачи данных на сервер, а экспоненциальное сглаживание координат устраняет артефакты скелета. Тип упражнения и правильность выполнения оцениваются расчётом углов в суставах с их сравнением по заранее заданным эталонным диапазонам. Реализован подсчёт повторений по циклам изменения углов, ведение лога событий и экспорт отчёта в PDF. Интерфейс включает исходное видео, визуализацию скелета, индикацию упражнения, процента правильности и счётчика повторений (рисунок 1).

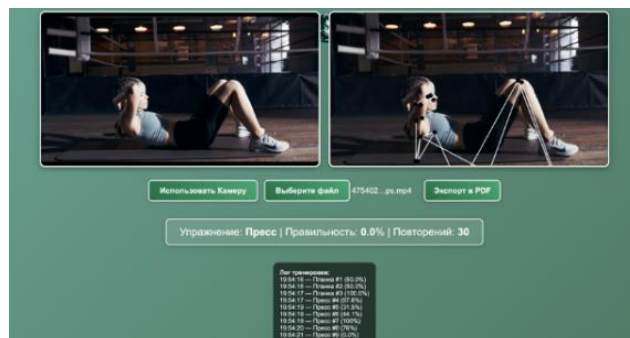


Рисунок 1 – Интерфейс анализа с визуализацией позы и метриками правильности

Результаты демонстрируют возможность точного отслеживания позы и оценки техники в браузере, с сохранением приватности данных и низкой вычислительной нагрузкой. Применение PoseNet позволяет создать доступный AI-тренажер для предотвращения ошибок и снижения риска травм при самостоятельных тренировках.

Литература

1 Real-time Human Pose Estimation in the Browser with TensorFlow.js: [сайт]. –URL: <https://blog.tensorflow.org/2018/05/real-time-human-pose-estimation-in.html> (дата обращения: 17.02.2026).

М. Г. Толкач

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ОПИСАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СБОРА, ОТСЛЕЖИВАНИЯ И АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ РЕБЁНКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Разрабатываемое веб-приложение для сбора, отслеживания и анализа физических данных ребёнка для оценки его физического развития предлагает пользователям комплексный инструмент для мониторинга ключевых, показателей здоровья и развития детей, а также получения советов для родителей по развитию ребёнка. В системе предусмотрены два уровня пользователей: Гость, Родитель. Приложение предоставляет каждому уровню определённый набор функций, обеспечивающих удобный контроль и оценку физического развития ребёнка.

Гость может ознакомиться с общими возможностями приложения, прочитать информационные статьи о нормах физического развития детей и понять принципы работы платформы. При этом он не имеет доступа к функциям ввода персональных данных, аналитическим отчётам с их графическим представлением.

Родитель имеет возможность вести такие данные, как рост, вес, окружность головы и груди, а также отмечать ключевые этапы развития. Он может визуализировать динамику развития ребёнка, получать визуальные предупреждения о потенциальных отклонениях от нормы и сохранять исторические данные для последующего анализа. Приложение позволяет родителю наглядно отслеживать прогресс физического развития и своевременно обращаться к специалистам.

Таким образом, разрабатываемое веб-приложение для сбора, отслеживания и анализа физических данных ребёнка для оценки его развития предоставляет удобную и многофункциональную платформу, позволяющую родителю быть спокойным за уровень развития ребёнка.

Е. А. Фирсова, В. О. Телегина, А. П. Преображенский
(Воронежский институт высоких технологий, Воронеж)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Традиционные протоколы маршрутизации, хотя и остаются актуальными, разрабатывались в эпоху менее насыщенного трафика и предсказуемой топологии. Они ориентированы на централизованное или полуавтоматическое управление и плохо масштабируются в условиях высокой динамики и нагрузки. Кроме того, большинство из них оперируют ограниченным числом метрик и не учитывают множество факторов, таких как временные колебания пропускной способности, уровень загрузки каналов, приоритеты приложений и поведение пользователей. Одним из перспективных направлений, позволяющих повысить гибкость, адаптивность и интеллектуальность сетей, является использование методов искусственного интеллекта [1].

В данной работе рассматривается возможность реализации модели маршрутизатора на базе алгоритма Q-learning – одного из базовых, но при этом мощных методов обучения с подкреплением. Преимуществом Q-learning является его относительная простота и возможность

применения в дискретных средах, таких как графы сетевых соединений. Агент, используя только локальную информацию и опыт предыдущих взаимодействий, способен постепенно выработать стратегию маршрутизации, приближающуюся к оптимальной по стоимости или другим критериям. С помощью языка Python и библиотеки NetworkX была сгенерирована топология сети из 12 узлов, имитирующая произвольную структуру с вероятностными связями. В рамках эксперимента агент обучался в течение 3000–5000 эпизодов, после чего маршруты, найденные с его помощью, сравнивались с маршрутами, построенными по алгоритму Дейкстры. Проведена количественная оценка маршрутов по стоимости, числу переходов и успешности построения.

Литература

1 Киселёв, И. В. Применение нейронных сетей для прогнозирования трафика в интеллектуальных транспортных системах / И. В. Киселёв, Н. А. Петрова // Вестник транспортной науки. – 2024. – № 2. – С. 78–85.

С. Н. Хальченя, Е. В. Комракова
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ НЕСЕНИЯ СЛУЖБЫ В ПОЖАРНОМ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОМ ОТРЯДЕ

Основная проблема распределения сотрудников по машинами заключается в неэффективной или человечески подверженной ошибкам рассадке личного состава по всем пожарным автомобилям с учётом требований по допуску и квалификации, что ведёт к снижению оперативности реагирования и рискам для безопасности персонала и населения. Цель работы состоит в создании веб-приложения, которое автоматизирует процесс формирования сменной рассадки с учётом компетенций, допуска, графиков работы и реальной потребности подразделений.

Необходимо реализовать следующие задачи: сформулировать требования к функционалу системы и ограничениям по безопасной эксплуатации; спроектировать удобный пользовательский интерфейс для операторов МЧС и администраторов; реализовать модель оптимизации рассадки, учитывающую соответствие требований допуска и квалификации по каждому работнику и машине.

В основе разработки лежит сочетание методов оптимизации и правил бизнес-логики:

- алгоритмическая часть для задачи назначения с учётом ограничений (ограничения по допуску, квалификации, расписанию, балансировке нагрузки между машинами);
- модуль проверки соответствия и сигнализации о нарушениях;
- веб-архитектура с клиент-серверной моделью, обеспечивающей защищённый обмен данными и доступ по ролям.

В качестве технологического стека использованы современные WEB-технологии (*Frontend: HTML, CSS, Backend: Python/Node.js*, база данных: *MySQL*, механизмы авторизации и аудита). Модель оптимизации включает в себя как эвристические подходы для быстрого отклика в реальном времени, так и более строгие методы целочисленного программирования для пакетной перераспределения.

Данное приложение поможет повысить скорость и точность формирования сменной рассадки; снизить человеческий фактор и ошибки; улучшить оперативность реагирования на пожары и ЧС.

Е. А. Чаплюк
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Система контроля и управления доступом является одним из ключевых элементов обеспечения комплексной безопасности предприятия, обеспечивая контроль физического доступа персонала и посетителей к объектам и ресурсам. В условиях цифровизации и роста требований к информационной и физической безопасности возникает необходимость модернизации существующих СКУД, а также их интеграции с корпоративными информационными системами и средствами мониторинга [1].

Внедрение СКУД как прикладной программно-аппаратной информационной системы представляет собой многоэтапный процесс, включающий анализ текущей инфраструктуры, выбор аппаратных и программных компонентов, проектирование архитектуры системы и поэтапный перенос данных и функций с устаревших решений. Особое

внимание уделяется вопросам совместимости оборудования, сохранности данных учёта доступа и минимизации простоев при переходе на новую систему.

Современные СКУД характеризуются модульной архитектурой и поддержкой централизованного управления, что позволяет реализовать гибкую модель разграничения доступа, учитывать роли пользователей, временные ограничения и зоны доступа. Интеграция СКУД с системами видеонаблюдения, учёта рабочего времени и информационными системами предприятия повышает уровень контроля и оперативность реагирования на инциденты безопасности.

Результатом внедрения СКУД является повышение управляемости процессов доступа, снижение рисков несанкционированного проникновения и обеспечение соответствия требованиям нормативных документов в области комплексной безопасности предприятия. Применение централизованного подхода к управлению СКУД способствует повышению надёжности и масштабируемости системы в условиях дальнейшего развития инфраструктуры.

Литература

1 Об информации, информатизации и защите информации: Закон Республики Беларусь от 10 нояб. 2008 г. № 455-З.

А. С. Черняк

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АГЕНТСТВА НЕДВИЖИМОСТИ

Автоматизация бизнес-процессов – это внедрение информационных технологий для оптимизации и повышения эффективности деятельности организации. Разработанная система обеспечивает автоматизацию основных этапов работы агентства: обработки заявок клиентов, подбора объектов недвижимости, взаимодействия между агентами и клиентами, сопровождения сделок, а также управления статусами объектов и заявок. Система позволяет сократить объём ручной работы и минимизировать вероятность ошибок при обработке данных.

Программный продукт реализован в виде клиент-серверного приложения. Серверная часть разработана на языке C++ с использованием фреймворка Crow [1] и базы данных MongoDB [2]. Клиентская часть реализована с применением Qt и технологии QML, что обеспечивает удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

В системе реализован механизм разграничения прав доступа пользователей, обеспечивающий безопасную работу с данными. Для хранения информации об объектах недвижимости, клиентах, заявках и сделках используется централизованная база данных. Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется по протоколу HTTP с применением авторизации на основе токенов. В процессе разработки были проанализированы и формализованы бизнес-процессы агентства недвижимости, выявлены основные этапы и определены направления их оптимизации. На основе проведённого анализа была спроектирована архитектура системы и разработана модель данных.

Литература

- 1 Crow: A C++ reflection and serialization library for Qt: [site]. – URL: <https://github.com/bvdborg/Crow>. (date of access: 19.01.2026).
- 2 MongoDB: the developer data platform: [site]. – URL: <https://www.mongodb.com>. (date of access: 19.01.2026).

В. Г. Шинкарук

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОХРАНЫ АВТОМОБИЛЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА

Системы автомобильной безопасности становятся всё более актуальными из-за роста числа угонов и уязвимости коммерческих решений к электронному взлому. Перспективным решением является создание автономных систем на базе микроконтроллеров с анализом данных от нескольких типов датчиков и передачей тревожных сообщений по каналам сотовой связи.

Аппаратная часть системы построена на 8-битном микроконтроллере ATmega328P с тактовой частотой 16 МГц [1]. В состав системы входит гироскоп MPU6050 для обнаружения наклона кузова и резких

перемещений транспортного средства [2]. Также используется электретный микрофон CZN-15E для регистрации звуков удара и боя стекла. Для получения координат местоположения применяется GPS-датчик BN-880. GSM-оповещение реализовано через модуль SIM900, управляемый посредством UART-интерфейса.

Программное обеспечение разработано в среде Arduino IDE на языке C++. Алгоритм работы предусматривает двухэтапную верификацию события: первое срабатывание микрофона фиксируется как «подозрительное событие», и система в течение 3 секунд ожидает подтверждения от гироскопа. Только при совпадении двух условий формируется тревожное сообщение с координатами и отправляется владельцу.

Разработанная система обеспечивает надёжный контроль за безопасностью транспортного средства и моментальное оповещение владельца при срабатывании сигнализации. Практическая значимость заключается в создании экономически доступной и защищённой от электронного взлома альтернативы коммерческим сигнализациям.

Литература

- 1 Голубцов, М. С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному / М. С. Голубцов. – СПб: БХВ-Петербург, 2020. – 352 с.
- 2 Кострин, Д. К. Датчики в электронных устройствах / Д. К. Кострин, А. А. Ухов. – СПб: «ЛЭТИ», 2018. – 240 с.

Ю. В. Шпилевская, Е. А. Левчук
(БГУ, Минск)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

В современном мире каждый человек, который работает, имеет определённый набор навыков, которые необходимы для выполнения трудовых обязанностей. Компании, со своей стороны, часто ведут статистику умений своих сотрудников, чтобы понимать, кто лучше подойдёт для решения определённых рабочих задач.

Может возникнуть вопрос: с какой целью они это делают? На самом деле ответ довольно прост. Сбор данных помогает оптимизировать множество процессов: от выполнения ежедневных задач до проведения митапа или обучающей встречи на актуальную тему.

Но тогда появляется проблема: как именно компании ведут статистику, где хранят эти данные? Кто-то использует табличный редактор, например, Excel, который знаком практически каждому. Есть те, кто хранит данные в текстовых документах. В то время как другие предпочитают специальные приложения, в которых часть функционала подходит под задачу. Можно предположить, что организации формируют свой набор технологий, который появился исторически. В результате может получиться не самый удобный и явно не лучший вариант.

Для реализации подобных задач предлагается создание системы для хранения и анализа профессиональных компетенций с помощью специальной среды разработки программного обеспечения – Oracle Apex, обладающей рядом инструментов для решения подобного класса задач.

Разработанная информационно-аналитическая система позволит:

- структурированно хранить данные о профессиональных компетенциях сотрудников;
- обеспечить удобное и безопасное управление сведениями;
- анализировать данные;
- визуализировать полученную информацию;
- принимать управленческие решения на основе сведений.

И. А. Яковлев

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Эффективность алгоритмов распознавания лиц зависит от качества исходных изображений. Освещение, шумы и изменение масштаба могут негативно влиять на работу даже сложных нейросетевых моделей, поэтому этап предобработки становится необходимым для повышения точности систем компьютерного зрения. Цель работы – сравнительный анализ методов предобработки и оценка их влияния на точность распознавания лиц.

Рассматривались следующие методы: нормализация гистограммы яркости, гауссово сглаживание ($\sigma = 1,5$), адаптивная бинаризация и эквализация гистограммы. Эксперимент проводился на датасете Labeled Faces in the Wild (LFW) с использованием инструментов библиотеки OpenCV [1]. Для детекции лиц применялся каскад Хаара (Viola-Jones), для распознавания – метод LBPH. Точность оценивалась на выборке из 70 изображений.

Наилучший результат показала комбинация эквализации гистограммы и гауссова сглаживания: точность повысилась примерно на 9 % (с 75 % до 84 %). Нормализация яркости дала прирост около 4 %, адаптивная бинаризация снизила точность на 3 % из-за потери текстуры лица.

Таким образом, проведённый анализ подтверждает, что корректно подобранные методы предобработки изображений позволяют значительно повысить эффективность алгоритмов распознавания лиц без модификации самой модели классификации. Наиболее перспективным направлением дальнейших исследований является разработка адаптивного конвейера предобработки, автоматически выбирающего оптимальную последовательность операций в зависимости от характеристик входного изображения.

Литература

1 OpenCV: Open Source Computer Vision Library: [site]. – URL: <https://opencv.org>. (date of access: 01.02.2026).

Д. Н. Ясевич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА РЫНКА ЖИЛЬЯ

Веб приложение представляет собой интерактивный калькулятор стоимости квартиры, в котором пользователь вводит основные

характеристики объекта недвижимости, после чего система в режиме реального времени выполняет расчет прогнозной цены на основе встроенной регрессионной модели.

Серверная часть приложения обеспечивает обработку запросов, выполнение вычислений, управление моделью прогнозирования, тогда как клиентская часть отвечает за визуализацию данных и удобство пользовательского интерфейса.

Для оценки стоимости недвижимости была построена множественная линейная регрессионная модель с применением метода наименьших квадратов. Построение модели осуществлялось с использованием библиотеки `statsmodels` с использованием данных о стоимости 400 квартир областных центров Беларуси.

На первом этапе была получена расширенная модель, включающая полный набор факторов, после чего выполнен отбор значимых переменных на основе *t*-статистик [1]. Итоговая модель оказалась статистически значимой по *F*-критерию, а все включенные коэффициенты – значимыми на стандартном уровне значимости 0,05. Проверка остатков модели с использованием статистики Дарбина – Уотсона показала отсутствие автокорреляции.

Серверная часть разработана с использованием фреймворка `FastAPI` и реализует `REST API` для взаимодействия с клиентом, выполнения вычислений. Регрессионная модель была интегрирована в `backend`-приложение.

Клиентская часть приложения реализована с применением `HTML`, `CSS` и `JavaScript` и обеспечивает интуитивно понятный интерфейс. Таким образом, разработанная программная система объединяет методы регрессионного анализа, средства обработки данных и веб-технологии, обеспечивая автоматизацию оценки стоимости недвижимости.

Литература

1 Хацкевич, Г. А. Эконометрика: учебник для студентов учреждений высшего образования / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Мн.: РИВШ, 2021. – 452 с.

Harold F. B. Tate, V. V. Komrakov
(*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel*)

AN INTEGRATED MECHATRONIC SYSTEM FOR REAL-TIME AI-DRIVEN CHESS PLAY: FROM VISUAL PERCEPTION TO MECHANICAL EXECUTION

На основе интеграции высокоуровневого искусственного интеллекта (ИИ) и прецизионных мехатронных систем предлагается архитектура автономного шахматного робота. Система решает проблему «разрыва трансформации» между цифровой логикой и физическим пространством с помощью иерархической модели управления, включающей уровни компьютерного зрения, нейросетевого анализа и прецизионного механического исполнения.

Integrating a mechatronic system for real-time AI-driven chess play into education boosts student engagement by merging fantasy with strategic thinking. This gamified approach makes learning chess accessible and exciting, effectively developing critical cognitive skills, patience, and problem-solving abilities in young learners through immersive, technology-driven gameplay.

In this paper, an architecture of an autonomous chess-playing robot is proposed. The system addresses the “Transformation Gap” between digital logic and physical space through a hierarchical control model, including layers of computer vision, neural network analysis, and precision mechanical execution.

This paper presents a multi-tier architecture designed to synchronize discrete logical states (chess moves) with continuous physical actions via a high-precision feedback loop. The system architecture is organized into five functional layers:

- 1) *physical sensing layer* (high-definition zenithal vision acquisition);
- 2) *edge perception layer* (PyTorch-based CNN for piece detection and localization);
- 3) *logic processing layer* (stockfish 16.1 engine integration and move generation);
- 4) *motion control layer* (G-code translation and UART serial communication);
- 5) *telemetry & interface layer* (WebSocket-based web application for real-time monitoring).

This paper demonstrates that a hierarchical, multi-controller architecture can effectively bridge the gap between digital AI logic and physical execution. By addressing the Transformation Gap with rigorous mathematical calibration, the system provides a robust framework for autonomous physical agents in high-precision pick-and-place applications.

Cai Maodong

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

DESIGN OF PATTERN RECONFIGURABLE MICROSTRIP ANTENNA BASED ON CHARACTERISTIC MODE ANALYSIS

Разработанная в данной работе антенна позволяет изменять диаграмму направленности за счет использования теории характеристических мод, регулирования расстояния до короткозамкнутого контакта и системы питания.

This paper mainly introduces the antenna's structural design and characteristic mode analysis. In the proposed antenna structure, the radiating layer consists of three rectangular metal patches, the feed post has a radius of 0.57 mm, and the remaining through-holes are all connected to a metal ground plane. The eigenvalues (as shown in Figure 1(a)) and characteristic currents of the square metal patch antenna were calculated using FEKO simulation software. Figure 1(b) shows the current distribution at the resonant frequencies of modes J1, J2, and J3. It can be seen that adjusting delta3 has a significant impact on J1, but a very small impact on J2 and J3, indicating that delta3 can achieve independent control of mode J1.

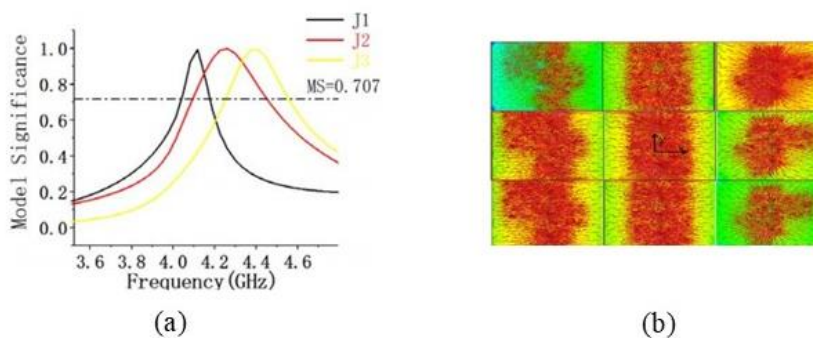


Figure 1— (a) Mode significance (MS); (b) Characteristic current distribution of J1, J2, and J3 resonants

Wang Hao, V. V. Komrakov
(*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel*)

SENSORS, PRODUCER-CONSUMER MODEL AND MESSAGE BROKER IN THE ESP32-BASED IOT SYSTEM FOR LUBRICATING OIL CONDITION MONITORING

В данной работе исследованы датчики, модель производитель-потребитель и брокер сообщений в составе IoT-системы мониторинга состояния смазочного масла на базе платформы ESP32, а также изложено синергетическое взаимодействие этих трех компонентов в рамках полного цикла сбора, передачи и обработки данных в режиме реального времени для решения задач мониторинга состояния смазочного масла и принятия обоснованных решений по техническому обслуживанию оборудования.

In the ESP32-based IoT system for lubricating oil monitoring, sensors are the core data source—mounted on ESP32 controllers, they collect real-time oil condition data (temperature, viscosity, metal wear particle concentration, vibration) via I2C, SPI and 1-Wire protocols. These ESP32 nodes act as producers, continuously sending monitoring data for system analysis.

The consumer-producer model serves as the core logic for the system's data flow by decoupling production and consumption. The central server is the core consumer, receiving, validating, processing and storing oil data sent by ESP32 nodes in time-series databases for historical analysis; the tablet web interface serves as a secondary consumer, displaying real-time oil status and enabling users to issue intuitive operational control commands.

A message broker (Mosquitto as the optimal choice), hosted on the central server, is the key middleware for the model's operation. It builds a Pub/Sub MQTT bridge between producers and consumers: ESP32 producers publish oil data to dedicated MQTT topics (e.g., `sensors/esp32\_1/oil\_temperature`), which the broker routes to the server, and it also forwards web interface control commands (e.g., sensor sampling frequency adjustment) to designated ESP32 controllers.

These three components work seamlessly: sensors capture oil data continuously, the model standardizes transmission to avoid device-server coupling, and the broker ensures efficient data exchange and command delivery. Their synergy enables real-time, reliable oil condition monitoring, supporting timely maintenance decisions and ensuring stable operation of oil-dependent machinery.

Zhang Nan, V. V. Komrakov
(*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel*)

ARCHITECTURE OF WEAR PREDICTION INTELLIGENT SYSTEM

На основе анализа существующих методов исследования износа пар трения в промышленности и их известных ограничений предлагается архитектура модульной, интеллектуальной системы прогнозирования износа, основанная на экспериментальных данных и реализованная в рамках взаимодействия между локальными решениями и облачными платформами.

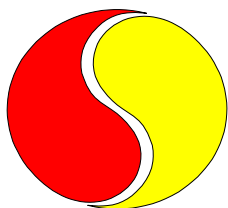
This paper presents a macro-level architecture for an intelligent wear prediction system, featuring three core capabilities: comprehensive condition awareness, intelligent trend forecasting, and data-driven decision support. The system employs a five-tier hierarchical architecture that adopts a “bottom-up” approach to establish a fully integrated chain from physical signals to business solutions. Each tier operates independently while maintaining tight integration, ensuring seamless data flow and value extraction.

- (1). Physical layer of sensor perception.
- (2). Peripheral intelligence layer [1].
- (3). Cloud Data Hub Layer.
- (4). Intelligent Analysis and Prediction Layer.
- (5). Business Applications and Decision-Making

The system must meet non-functional requirements including high-temperature reliability, robust electromagnetic interference resistance, flexible device integration scalability, and compatibility with MES/ERP systems. By leveraging modular design principles, data-driven approaches, and cross-regional system-cloud collaboration, this platform establishes the foundation for developing hierarchical architecture and its practical implementation. The proposed architecture combines versatility and scalability, clearly defining the technical pathway from physical monitoring to business decision-making, while providing a systematic solution to the challenge of predicting wear and tear in industrial components.

Literature

1 Vermesan, O. An intelligent real-time edge processing maintenance system for industrial manufacturing, control, and diagnostic // *Frontiers in Chemical Engineering*. – 2022. – Vol. 4. – P. 90–96.



СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Информационные технологии
в обучении*

Д. Н. Абчинец, С. Н. Невмержицкий
(МГПУ имени И. П. Шамякина, Мозырь)

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В SCRATCH И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ГРАЖДАНСКОГО ВОСПИТАНИЯ

Современные методики преподавания информатики в условиях цифровизации образования становятся социально значимыми. Высокий интерес учащихся к цифровым и мультимедийным технологиям открывает возможность для интеграции воспитательного компонента в учебный процесс, направленного на формирование гражданской позиции, уважения к стране, понимания культурного наследия и осознанного отношения к общественным проблемам через изучение и практическое применение информационных технологий.

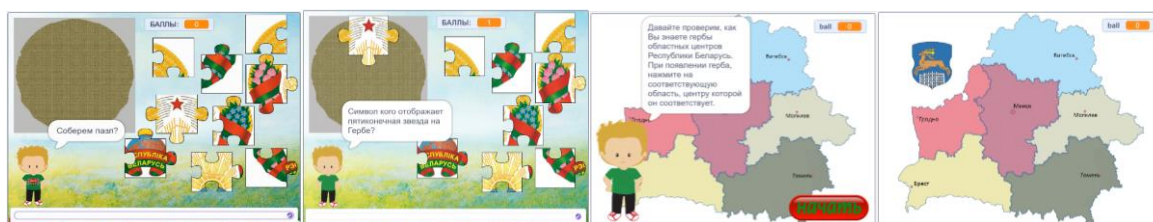


Рисунок 1 – Игровой модуль «Познай Беларусь»

В качестве примера можно представить игровой модуль «Познай Беларусь», в состав которого вошли игровые приложения, разработанные в среде визуального программирования Scratch: интерактивный пазл «Насколько ты знаешь символику своей страны?», виртуальный квиз «Гербы областных центров Республики Беларусь, также были смоделированы и распечатаны на 3D принтере детали для 3D-лото «Собери Беларусь».

Среда визуального программирования Scratch предоставляет широкие мультимедийные возможности для создания игр, позволяя легко интегрировать и редактировать графику, анимацию, звуки и музыку через встроенные редакторы и обширную библиотеку объектов [1].

Литература

1 Голиков, Д. В. Scratch для юных программистов / Д. В. Голиков – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 192 с.

В. Е. Ажанилок, В. В. Орлов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ВЕБ-САЙТА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ

В условиях цифровизации образования и активного внедрения информационных технологий в учебный процесс особую актуальность приобретает разработка электронных образовательных ресурсов, ориентированных на индивидуальные потребности обучающихся. Одной из значимых задач является подготовка абитуриентов к централизованному тестированию, требующая систематизации учебного материала, самоконтроля и гибкого подхода к обучению.

Целью работы является создание веб-ресурса с использованием базовых веб-технологий: HTML, CSS и JavaScript, обеспечивающего персонализированную подготовку обучающихся за счёт адаптации содержания и уровня сложности заданий в зависимости от результатов пользователя. Адаптивность веб-сайта позволяет учитывать индивидуальный темп обучения, уровень знаний и типичные ошибки, что повышает эффективность образовательного процесса.

Разрабатываемый веб-сайт включает в себя теоретические материалы, интерактивные тестовые задания, систему анализа результатов и рекомендации по дальнейшему обучению. Основу адаптивного механизма составляет алгоритм, анализирующий ответы пользователя и автоматически подбирающий последующие задания соответствующего уровня сложности. Такой подход способствует более глубокому

усвоению материала и формированию устойчивых навыков решения тестовых заданий.

Использование HTML, CSS и JavaScript позволяет создать удобный, функциональный и кроссплатформенный веб-ресурс, не требующий установки дополнительного программного обеспечения. Благодаря этому пользователи могут получать доступ к системе подготовки в любое время и с любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет.

Разработка адаптивного веб-сайта для подготовки к централизованному тестированию позволяет повысить эффективность самостоятельного обучения.

Н. Ю. Акбулатов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

АДАПТИВНАЯ КВАНТИЗАЦИЯ ОБНОВЛЕНИЙ В ФЕДЕРАТИВНОМ ОБУЧЕНИИ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Федеративное обучение даёт возможность обучать модели машинного обучения прямо на устройствах пользователей, не отправляя исходные данные на сервер. Это повышает уровень приватности и позволяет делать персонализацию мобильных приложений. Однако в реальных мобильных условиях такой подход сталкивается с рядом ограничений: скорость передачи данных на сервер часто нестабильна и невысока, вычисления и обмен обновлениями заметно расходуют заряд батареи, а сами устройства сильно различаются по мощности и текущей нагрузке. Поэтому простые решения, где все клиенты каждый раунд передают обновления в одинаковом виде и с одинаковым уровнем сжатия, нередко оказываются неоптимальными: либо растут затраты трафика и энергии, либо ухудшается качество обученной модели.

Метод FedAdapt-Q, направленный на уменьшение коммуникационных расходов и энергопотребления при федеративном обучении на мобильных устройствах.

Устройство выполняет несколько локальных шагов обучения, формирует обновления и оценивает текущие условия работы. Затем

выбираются общие параметры компрессии и доля передаваемых параметров, а также распределяется точность передачи между слоями модели. Чтобы повысить устойчивость, применяется механизм компенсации ошибок сжатия: часть информации, потерянной из-за разреживания и квантизации на текущем раунде, переносится и учитывается в следующих раундах. На сервере обновления объединяются стандартной процедурой агрегирования, аналогичной FedAvg, с учётом того, что данные пришли в сжатом виде.

Литература

1 Пантелеев, Е. Р. Алгоритмы сжатия данных без потерь: учебное пособие для вузов / Е. Р. Пантелеев, А. Л. Алыкова. – СПб.: Лань, 2023. – 172 с.

К. Р. Андросенко, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ОБ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЯХ И ЭУМК

В условиях цифровой трансформации высшего образования особую значимость приобретают электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК) и учебные издания, обеспечивающие сопровождение дисциплин на всех этапах образовательного процесса.

При этом в ряде вузов сведения о степени готовности и внедрения ЭУМК и учебных изданий все еще представляются в виде разрозненных таблиц и текстовых документов, заполняемых вручную. Отсутствие единого формата представления информации приводит к дублированию данных, появлению неточностей и затрудняет формирование сводной аналитической отчётности.

Поэтому разработка модуля, обеспечивающего автоматизированную обработку и анализ данных об ЭУМК и учебных изданиях, является актуальной задачей. Использование алгоритмов структурирования, нормализации и агрегации информации позволяет существенно сократить объём ручной работы, повысить точность анализа и обеспечить единый подход к формированию аналитических показателей.

Разрабатываемый модуль ориентирован на работу с реальными отчётными документами, содержащими неструктурированные и слабо формализованные данные. Особое внимание уделяется обработке текстовых полей, различным форматам представления статусов и дат, а также корректной интерпретации сведений о готовности и внедрении учебных материалов. Для этого реализуются алгоритмы очистки и нормализации данных, приведения различных формулировок к единому стандарту и классификации объектов по заданным критериям.

В качестве критериев анализа используются такие показатели, как наличие ЭУМК или учебного издания по дисциплине, степень готовности материала, факт его внедрения в учебный процесс, а также актуальность, определяемая датой издания или последнего обновления. Комплексное использование данных критериев позволяет получить целостное представление о состоянии учебно-методического обеспечения как на уровне отдельных дисциплин, так и в разрезе кафедр и факультетов учебного заведения.

А. Е. Банникова, М. А. Петрушкевич
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛИКАЦИИ И РЕЧЕВОГО ИНТЕРФЕЙСА

В работе рассматривается разработка интерактивной обучающей технологии для детей дошкольного возраста, основанной на использовании мультимедийных средств и речевого интерфейса [1]. Предлагаемый подход сочетает просмотр мультфильма с выполнением интерактивных заданий, при этом продолжение воспроизведения мультимедийного контента возможно только после активного участия ребёнка в обучающем процессе.

Разработанная система реализована в виде веб-приложения с использованием HTML, CSS и JavaScript. Логика работы построена на принципах событийно-ориентированного программирования и модели конечного автомата, что обеспечивает последовательность этапов обучения и предсказуемость поведения системы. Центральным элементом

интерфейса является видеопоток мультфильма, поверх которого в момент выполнения задания отображаются интерактивные анимированные элементы.

Обучающие задания сопровождаются визуальными, текстовыми и голосовыми инструкциями, а ответы пользователя анализируются в реальном времени с формированием наглядной и звуковой обратной связи.

Особое внимание уделено адаптивности технологии, обеспечивающей индивидуальный подход к обучению за счёт учёта скорости реакции и корректности ответов. Результаты тестирования подтверждают стабильность работы приложения и эффективность интеграции мультимедийных и интерактивных компонентов при обучении детей дошкольного возраста, а также перспективность использования разработанного подхода при создании цифровых образовательных ресурсов.

Литература

1 Cyberleninka.ru: применение мультимедийных технологий в процессе обучения. Науки об образовании. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 17.12.2025).

Е. Г. Богданович

(МГПУ имени И. П. Шамякина, Мозырь)

ЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ МЕТОДИЧЕСКОГО ПРОЕКТА ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ СОРЕВНОВАНИЯМ

На кафедре физики и математики МГПУ им. И. П. Шамякина действует студенческий кружок, ориентированный на исследовательскую работу в области алгебры, математической логики и криптографии. Деятельность кружка тесно связана с филиалом кафедры на базе ГУО «СШ № 6 г. Мозыря». Особенностью работы филиала является вовлечение студентов в создание методического контента: участники кружка разрабатывают авторские задания, проводят учебные занятия и сопровождают учащихся в процессе их подготовки к интеллектуальным соревнованиям. В работе [1] был представлен методический проект по подготовке учащихся к соревнованиям по криптографии, комбинаторике и логике, основанный на модульном подходе. Развивая идеи модульного

подхода, в рамках кружка был разработан логический модуль методического проекта, цель которого – подготовка школьников к интеллектуальным соревнованиям через освоение формально-логического аппарата. Модуль включает изучение логических операций, таблиц истинности, методов построения доказательств и анализа высказываний. Особое внимание уделяется применению цифровых инструментов: интерактивных тренажёров, электронных таблиц и онлайн-сервисов, позволяющих визуализировать логические операции и автоматизировать проверку решений. В рамках занятий учащимся предлагаются разноуровневые задания на выявление логических ошибок, построение таблиц истинности и решение задач на логический вывод. Апробация модуля проводилась во внеурочной деятельности с учащимися 10–11 классов. Её результаты показали повышение способности школьников к корректному анализу условий задач и построению обоснованных рассуждений, что подтверждает практическую значимость разработанного модуля.

Литература

1 Ефремова, М. И. Методический проект подготовки учащихся к интеллектуальным соревнованиям по криптографии, комбинаторике и логике / М. И. Ефремова, Е. Г. Богданович // Актуальные проблемы методики обучения математике и информатике: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Мзр., 2025. – С. 45–49.

Д. В. Бокая

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОТОТИП ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО БАЗАМ ДАННЫХ

Развитие систем искусственного интеллекта на базе больших языковых моделей приводит к росту числа случаев несамостоятельного выполнения заданий студентами. В связи с этим представляют интерес разработка и внедрение эффективных технологий обучения, проходящего под непосредственным контролем преподавателя.

В настоящей работе описываются подходы к построению программы-тренажера по классической для ИТ-специалистов дисциплине

«Базы данных». Система представляет собой направляемую системными инструкциями от преподавателя вопросно-ответную систему, где генерацию ситуативных вопросов и оценку ответов пользователя осуществляет большая языковая модель (*LLM*) на архитектуре трансформеров.

Техническая реализация прототипа выполнена на *Python*. Архитектура разделена на сервисный слой логики тренировок и слой представления, поддерживая локальные и облачные модели. Вызовы моделей используют унифицированный интерфейс *OpenAI API* или *Ollama*, который позволяет гибко переключаться между различными *LLMs*.

Система включает набор специализированных тренажеров по ключевым темам, таким как архитектор *ER*-моделей, нормализация баз данных и *SQL*-конструктор. Каждый тренажер состоит из последовательных этапов, завершающихся блиц-опросом для финальной проверки усвоения материала. Алгоритм оценки использует взвешенную комбинацию метрик прохождения этапов, результатов квиза и динамического веса *LLM*-оценки.

В результате создан функциональный прототип платформы с редактором сценариев, панелью преподавателя и автоматизированным тестированием через симулятор студента. Перспективы развития включают расширение библиотеки сценариев, подбор *LLM* с минимальным требованием к ресурсам и улучшение алгоритмов управления диалогом. Платформа демонстрирует перспективность применения больших языковых моделей в техническом образовании, закладывая основу для интеллектуальных наставников нового поколения.

М. Е. Гаврилова, В. Е. Дуленцова-Смишко, Д. С. Гавриленко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ 3D-МОДЕЛЕЙ

Создание трёхмерных (3D) моделей объектов на основе фотографий является актуальным в настоящее время. Данная технология применяется в компьютерном зрении, виртуальной реальности и робототехнике. Основная задача – извлечь глубину и геометрию объекта из набора изображений, снятых с разных ракурсов и на их основе создать модель в трёхмерном пространстве. Современные методы опираются

на фотограмметрию и машинное обучение, позволяя автоматизировать процесс без специализированного оборудования, используя лишь ПК или любое другое устройство.

Фотограмметрия – это наука, получающая данные об объекте по его фотоизображениям, с результатом в виде ортоизображений, карт, ГИС-слоёв или 3D-моделей объектов и сцен. Началом работы является создание снимков объекта с разных ракурсов, при этом важно, чтобы все снимки были качественными и на них объект просматривался со всех сторон. На протяжении всей съёмки источник света должен быть с одной и той же стороны. Особое внимание стоит уделить маленьким деталям, чтобы в дальнейшем программа смогла уловить их.

Далее фотоснимки помещаются в специальные программы, например, Meshroom, 3DF Zephyr, Polycam и другие. Основной принцип создания модели в таких программах состоит из следующих этапов: определение точек соответствия (одних и тех же точек объекта на разных снимках), определение положения камер, построение разреженного облака точек (первичной структуры объекта), построение плотного облака точек (уплотнение облака точек и детализация модели), создание полигональной модели (преобразование облака точек в трехмерную поверхность), текстурирование (наложение фотографического изображения на модель, добавление структуры и света). В результате работы программы получается 3D-модель, которая требует минимальной доработки или является уже полностью пригодной для использования.

Данная технология была реализована при создании модели скульптуры «Шарманщик», расположенной в городе Гомель около «Киевского спуска».

Литература

- 1 Blender: [сайт]. – URL: <https://www.blender.org/download/> (дата обращения: 02.06.2025).
- 2 3DF Zephyr Free: [сайт]. – URL: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/> (дата обращения: 02.06.2025).
- 3 Лобанов, А. Н. Фотограмметрия: Учебник для пuzон / А. Н. Лобанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984, 5П2 с.
- 4 Козин, Е. В. Фотограмметрия / Е. В. Козин, А. Г. Карманов, Н. А. Карманова. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 142с.

А. А. Глушенок, О. Д. Асенчик
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТА НА СТРУКТУРУ ГЕНЕРИРУЕМОЙ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ В RAG-СИСТЕМАХ

Современное образование требует регулярного обновления учебных программ в соответствии с профессиональными стандартами, при этом их разработка остаётся трудоёмкой задачей. Использование больших языковых моделей (LLM) и технологии генерации с дополненным поиском (RAG) по эталонным источникам позволяет автоматизировать и ускорить генерацию и форматирование учебных материалов [1].

Качество результата существенно зависит от параметров сегментации исходных текстов: размера фрагментов, степени их перекрытия.

Текст объёмом около 700 страниц разбивался на фрагменты (chunks) различной длины с заданным перекрытием (overlap), которые преобразовывались в embeddings моделью `intfloat/multilingual-e5-base`. Эмбединги кластеризовались, а качество структуры оценивалось моделью `xiaomi/mimo-v2-flash: free` (шкала 1-10).

Результаты демонстрируют явную зависимость качества генерации учебной структуры от длины чанков и степени перекрытия. При минимальной длине фрагмента (5) число кластеров максимально – от 31 до 51, а средняя оценка программы достигает 8.6, что указывает на высокую детализацию тематической структуры. По мере увеличения длины чанка количество кластеров последовательно снижается (до 5-9 при длине 45), а оценка качества падает до 4. Это свидетельствует о потере тематической раздельности при укрупнении фрагментов.

Влияние перекрытия проявляется в усилении тематической декомпозиции при малых размерах фрагментов – перекрытие 0.2-0.4 увеличивает число выявляемых кластеров за счёт сохранения контекста между соседними сегментами. Однако при больших чанках эффект становится нестабильным и не компенсирует ухудшение качества структуры. В целом оптимальные результаты достигаются при коротких сегментах с умеренным перекрытием.

Литература

1 Асенчик, О. Д. Использование больших языковых моделей для создания учебных материалов по дисциплине «Базы данных» / О. Д. Асенчик // Цифровая трансформация. – 2025. – Т. 31, № 4. – С. 5–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-4-5-14>.

Н. В. Гуценков, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ВЕБ-СИСТЕМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Массовая цифровизация образовательного процесса обуславливает необходимость создания высоконагруженных программных платформ при массовой оценке знаний учащихся. Использование сложных микросервисных архитектур в таких условиях не только приводит к сетевым задержкам и отказам в обслуживании, но и критически усложняет процессы развертывания и технической поддержки системы на базе аппаратного обеспечения учебных заведений.

Целью работы является проектирование отказоустойчивой и легко развертываемой архитектуры веб-системы образовательного тестирования, способной бесперебойно функционировать при пиковых нагрузках. В ходе исследования изучена специфика нагрузочного профиля подобных платформ, проанализированы методы обеспечения целостности данных при конкурентном доступе и выявлены узкие места классических распределенных сред, требующих высоких затрат на администрирование ИТ-инфраструктуры.

Для преодоления выявленных ограничений предложена концепция построения платформы на базе паттерна модульного монолита (Modular Monolith) с применением технологий контейнеризации Docker. Логическое объединение доменной логики в связке с Docker-контейнерами позволяет инкапсулировать все зависимости проекта и обеспечить предсказуемый запуск системы на любом оборудовании. В отличие от традиционных решений, ресурсоемкие алгоритмы проверки делегируются изолированным процессам-обработчикам, которые

также безопасно функционируют в контейнерных средах через брокер сообщений, мгновенно освобождая основной поток веб-сервера.

Применение предложенной архитектуры на базе монолита и платформы Docker позволяет не только исключить блокировку интерфейса при высоких нагрузках, но и упростить процесс развертывания системы для любого образовательного учреждения без необходимости привлечения профильных DevOps-специалистов.

В. В. Драчёв

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПОСЕЩАЕМОСТИ

Основным гарантом полноценного усвоения материала на лекциях является посещение студентом занятий на регулярной основе. Своевременный учёт посещаемости может благоприятно сказаться на частоте посещения студентом пар.

Основой подхода является использование технологий компьютерного зрения и нейронных сетей для мониторинга наличия студента на паре. Главным элементом является обучение нейронных сетей с помощью набора данных (большого количества изображений студента). После обучения нейронная сеть получит возможность отличать необходимых студентов от всех других. В дальнейшем уже обученная нейросеть будет использоваться для анализа видеоматериалов с камер в аудиториях. После анализа данные, полученные нейронной сетью, могут использоваться для внесения информации о посещаемости в системы университетского учёта посещаемости.

Для обработки видеопотока использованы были свёрточные нейронные сети, дающие возможность в реальном времени анализировать видеоряд, отличать один кадр от другого и детектировать наличие объектов, которые необходимо анализировать (объектов из исходного набора данных).

В ходе работы основной упор был сделан на повышение успешности распознавания нейронной сетью студентов путём построения правильных и содержательных промптов, а также на интеграцию функционала

нейронной сети в видеопоток в реальном времени. Система была написана на языке Python, с использованием библиотек YOLO и OpenCV.

Разработанные средства предполагается использовать для создания систем учёта посещаемости в учреждениях образования, а также для реализации систем умного видеонаблюдения в аудиториях или кафедрах учреждений.

Т. К. Жернак
(МГПУ имени И. П. Шамякина, Мозырь)

ИНТЕГРАЦИЯ ИТ В МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ

В настоящее время наблюдается тенденция внедрения новых информационных технологий в математическое образование современных школьников. Связь информационных технологий и математического образования двусторонняя: ИТ инструменты трансформируют образовательный процесс, а математика является фундаментом для новых информационных технологий или незаменимым «двигателем». Математический анализ необходим для оптимизации моделей машинного обучения и обучения работы с нейросетями. Линейная алгебра и статистика используется для работы с Big Data и Data Science. Дискретная математика является фундаментом для криптографии, защиты данных и теории алгоритмов. Теория графов нужна для эффективного проектирования интернета и сетевых структур. В свою очередь ИТ технологии делают обучение математике более гибким, доступным и интерактивным. Визуализация ПО позволяет моделировать сложные процессы и функции при этом улучшая усвоение материала. Автоматизация экономит время преподавателя через систему мгновенной обратной связи и адаптивное тестирование. Интерактивность даёт уникальную возможность использования облачных платформ для решения задач в реальном времени. Итак, учитель математики, вооруженный ИТ технологиями, владеет основными способами применения ИТ:

1) инструменты ИИ позволяют генерировать задачи разного уровня сложности и объяснять пошаговое решение задач;

2) дистанционное взаимодействие учителя и учащегося позволяет установить постоянную связь и доступ к библиотекам образовательных ресурсов;

3) использование виртуальных лабораторий и тренажеров процесс решения задач делает занимательным и позволяет ученикам заниматься в своем темпе.

Итак, ИТ в математическом образовании позволяет процесс обучения сделать более эффективным, наглядным и индивидуализированным.

Литература

1 Гаврилова, М. А. Современные средства оценивания результатов обучения математике: учебное пособие / М. А. Гаврилова [и др.]. – Пенз.: ПГПУ, 2009. – 169 с.

Д. В. Журо, Д. В. Гавриловец, В. П. Гришанова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПАМЯТНИКА КЛОУНУ КАРАНДАШУ

В работе рассматривается процесс создания трёхмерной модели памятника клоуну Карандашу и его собаке Кляксе, расположенного у входа в Гомельский государственный цирк. Целью работы являлась апробация метода фотограмметрии для оцифровки объектов городской скульптуры и создание текстурированной 3D-модели, пригодной для использования в образовательных и мультимедийных проектах.

На первом этапе проведена подготовка фотоматериала. Для построения геометрии было выполнено 50 снимков камерой смартфона (f/1.8, ISO 100). Съёмка велась по круговой траектории с трёх высотных уровней для захвата всех архитектурных деталей постамента и скульптурной группы. Обеспечено перекрытие кадров на уровне 70 %. При этом особое внимание уделялось отсутствию жёстких теней и бликов на бронзовой поверхности, так как это критично для алгоритмов фотограмметрии.

Обработка снимков выполнялась в программе 3DF Zephyr Free [1]. На этапе выравнивания было определено положение камер в пространстве и создано разреженное облако точек. Последующая обработка позволила получить плотное облако, содержащее более

4,5 миллионов точек, на основе которого была сгенерирована высокополигональная сетка (mesh) и наложена текстура высокого разрешения. Основной сложностью на данном этапе стали зеркальные блики на бронзе, что привело к появлению шумов в геометрии.

Финальная доработка модели выполнена в среде Blender [2]. Проведена очистка сетки от нежелательных артефактов и геометрического шума с использованием модификаторов. Для обеспечения универсальности модели была выполнена ретопология (перестройка сетки) с целью снижения полигональности до 85 000 треугольников при сохранении текстурного разрешения. Настроена система физически корректного освещения (HDRI), что позволило презентовать модель в естественном виде.

Практическая значимость работы заключается в создании цифрового актива, который может быть интегрирован в учебный процесс по курсам. Кроме того, модель экспортирована в форматы .obj и .glb, что делает её доступной для использования в виртуальных экскурсиях по городу, документальных проектах, а также для сохранения в цифровом архиве историко-культурных ценностей Гомеля.

Литература

1 3DF Zephyr Free: [сайт]. – URL: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/> (дата обращения: 02.06.2025).

2 Blender: [сайт]. – URL: <https://www.blender.org/download/> (дата обращения: 02.06.2025).

К. П. Журо

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Обучение английскому языку трансформируется от традиционных учебников к мультимодальным цифровым средам, объединяющим тренажёры, тесты и интерактивные медиа. Преимущество таких платформ – персонализация: задания динамически адаптируются под текущий уровень пользователя, обеспечивая индивидуальную траекторию освоения материала. Цифровые инструменты становятся

полноценной образовательной экосистемой, сочетающей самостоятельную работу с контролем и предоставляющей доступ к обучению в любое время и в любом месте.

Веб-приложение “StarEnglish” демонстрирует синтез педагогических принципов и современных технологий (HTML5, CSS3, JavaScript, PHP). Его архитектура выстроена по логике учебного процесса: от авторизации и диагностики уровня до выполнения интерактивных заданий. Диагностический тест использует цветовую и аудио-обратную связь (зелёный “Wonderful” при верном ответе, красный “Bad” – при ошибке), формируя у пользователя навык самоанализа. Перестановка вопросов при повторном прохождении исключает механическое запоминание.

Каждый уровень включает три модуля. Лексический раздел представляет слова через карточки с переводом, транскрипцией, примерами и озвучкой носителя; тренажёры применяют интервальное повторение для закрепления в памяти. Грамматический блок развивается от визуализированных правил к трансформационным упражнениям на изменение структуры предложения. Аудиомодуль охватывает три этапа: воспроизведение слов, определение пропущенного элемента во фразе и транскрибирование предложений; при ошибках система предлагает повторное прослушивание с замедлением или подсказкой, развивая навык самокоррекции.

В перспективе планируется интеграция ИИ: генеративный диалоговый модуль с адаптацией сложности под уровень пользователя, анализ произношения через сравнение с эталонными образцами, а также прогностическая аналитика для предупреждения потенциальных трудностей. Такие решения превратят цифровую платформу в интеллектуального партнёра.

В. А Залевский

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБАТЫВАЕМОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БАЗОВЫХ ПРАВИЛ ШАХМАТ

Разрабатываемое веб-приложение для изучения базовых правил шахмат предлагает пользователям интерактивное освоение базовых

правил шахмат через систему уроков и практических упражнений, а также персональное обучение под руководством опытных наставников, работающих через приложение. В системе предусмотрены четыре уровня пользователей: Администратор, Наставник, Зарегистрированный пользователь и Гость. Приложение предоставляет каждому уровню определённый набор функций, обеспечивающих эффективное обучение и взаимодействие между пользователями.

Гость может просматривать базовые правила шахмат, изучать учебные материалы и знакомиться с интерфейсом приложения. При этом он не имеет доступа к интерактивным тренажёрам, персонализированным урокам или системе отслеживания прогресса.

Зарегистрированный пользователь имеет возможность проходить интерактивные уроки, тренироваться на специальных тренажёрах, а также отслеживать свой прогресс обучения. Он может работать с личным кабинетом, сохранять избранные упражнения и получать персональные рекомендации, что способствует эффективному освоению шахматных правил и улучшению практических навыков.

Наставнику доступно создание персонализированных учебных программ, предоставление обратной связи ученикам и управление расписанием занятий. Наставники могут публиковать авторские методики обучения, назначать практические задания и корректировать учебный процесс в соответствии с успехами учащихся.

Администратор обладает максимальными правами и может управлять учебным контентом, редактировать библиотеку шахматных задач, а также координировать работу наставников и пользователей. Администратор несет ответственность за организацию работы образовательной платформы и следит за актуальностью и качеством обучающих материалов.

В качестве технологического стека для реализации: React и TypeScript, Node.js (NestJS/Express) и PostgreSQL или MySQL.

Таким образом, разрабатываемое веб-приложение предоставляет удобную и многофункциональную платформу для изучения шахмат, позволяя пользователям осваивать правила игры через интерактивные уроки и персонализированные тренировки, а также поддерживает высокий уровень контроля и управления образовательным процессом со стороны администрации.

А. В. Зернова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ЗАДАЧНИКА ПО ОЛИМПИАДНОЙ МАТЕМАТИКЕ

Растёт востребованность интерактивных образовательных ресурсов для подготовки к математическим олимпиадам [1]. Для разработки задачника были использованы материалы олимпиады “United Kingdom Kangaroo – 2025”. Доступ к заданиям в удобном веб-формате значительно облегчает процесс подготовки учащихся. Для размещения задач была выбрана платформа дистанционного обучения dl.gsu.by, активно используемая для подготовки к олимпиадам в Республике Беларусь и за её пределами.

В ходе работы потребовалось изучить правила оформления и размещения задач на платформе, подробно описанные на форуме dl.gsu.by [2]. Там же представлены инструменты для автоматизации процесса загрузки. Также были изучены некоторые особенности языка разметки HTML, требующиеся для корректного расположения иллюстраций и отображения математических формул. Завершающим этапом стала загрузка подготовленных задач на платформу, тестирование и получение одобрения от администрации сайта.

В результате на платформе dl.gsu.by были размещены задачи UK “Kangaroo – 2025” для следующих возрастных категорий: Primary (7 лет и младше), Junior (9 лет и младше) и Intermediate (Grey – 10 лет и младше, Pink – 12 лет и младше). Созданный интерактивный задачник обеспечивает возможность тренировки в решении олимпиадных задач без привязки ко времени и месту благодаря онлайн-доступу с любых устройств, а также позволяет учащимся сразу получать обратную связь о результатах.

Литература

- 1 Маланина, Т. В. Интерактивные игры в информационно-образовательной среде на уроках математики в начальной школе / Т. В. Маланина // Интерактивное образование. – 2025. – Т. 2, № 117.
- 2 Обучение программированию «с начала». Distance Learning Belarus: [сайт]. – 2016. – URL: <https://dl.gsu.by/NForum/forum/list/16.dl>. (дата обращения: 08.02.2026).

Т. А. Ильюшкин
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ

В современном мире все больше людей следят за своим физическим состоянием, однако разрозненное хранение записей (блокноты, заметки в телефоне) не позволяет эффективно анализировать динамику изменений. Обработка этих данных без специализированного инструмента затрудняет выявление закономерностей и принятие своевременных решений о коррекции образа жизни.

Целью работы является проектирование и программная реализация мобильного приложения под операционную систему Android, предназначенного для автоматизации ввода, хранения и анализа персональных медицинских показателей пользователя.

На начальном этапе проектирования были определены основные цели приложения: фиксация динамики состояния здоровья, напоминания о регулярности измерений и надежное хранение данных. Ключевыми пользователями системы являются сами студенты.

Для обеспечения удобства работы разработан интуитивно понятный UX/UI дизайн. Прототипирование экранов будет выполняться с помощью специализированных инструментов (Figma), что позволит заранее продумать структуру навигации. Пользовательский интерфейс программы будет реализован с использованием стандартных компонентов Android SDK, что гарантирует нативный и привычный для пользователя вид, а сама разработка будет выполняться в стандартной среде Android Studio на языке Java. Центральным элементом системы станет запись о состоянии здоровья, включающая дату измерения, тип показателя и его численное значение.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения созданной системы в качестве персонального дневника здоровья для эффективного отслеживания физического состояния студентов.

К. Е. Кашкар, В. В. Орлов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Современное образование активно интегрирует информационные технологии, направленные на оптимизацию учебного процесса и повышение его результативности. Одним из наиболее перспективных направлений является применение искусственного интеллекта в системах контроля знаний. Поэтому создание автоматизированных платформ для тестирования на основе технологий искусственного интеллекта является востребованным и перспективным направлением разработки.

Целью текущего исследования является создание специализированной веб-платформы, использующей методы машинного обучения для автономного формирования контрольных заданий и управления оценочными процедурами. Ключевой приоритет системы заключается в повышении точности мониторинга компетенций и снижении административной нагрузки на педагогический состав. Это достигается за счет применения адаптивных алгоритмов, способных самостоятельно анализировать учебный контент и интерпретировать результаты тестирования.

Техническая реализация платформы опирается на использование инструментов обработки естественного языка, написанных на языке Python, которые позволяют проводить семантический аудит текстов и выделять базовые понятия для генерации заданий разного типа и уровня сложности. В то же время визуальный интерфейс и клиентская логика приложения построены с применением стандартного стека технологий: HTML, CSS и JavaScript, что обеспечивает стабильную работу в браузерной среде.

Существенным преимуществом внедрения нейросетевых технологий является возможность реализации сценариев адаптивного тестирования. Программный комплекс в реальном времени оценивает ответы обучающихся в ходе выполнения теста и динамически меняет сложность последующих вопросов, подстраиваясь под текущий уровень их подготовки. Таким образом, система обеспечивает индивидуальный подход к каждому пользователю.

А. В. Крук
(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ СТЕРЕОМЕТРИИ

Традиционное изучение стереометрии сопряжено со значительными трудностями, обусловленными необходимостью оперировать абстрактными пространственными образами. Статичные изображения на плоскости зачастую не позволяют учащимся в полной мере воспринять форму, взаимное расположение и сечения объемных тел [1, с. 45]. Внедрение технологий 3D-моделирования в образовательный процесс открывает новые возможности для преодоления этих барьеров.

Современные программные средства, такие как динамические геометрические среды GeoGebra и системы автоматизированного проектирования (КОМПАС-3D), позволяют создавать точные электронные модели геометрических фигур. Исследования показывают, что использование 3D-моделирования позволяет на 20–30 % повысить эффективность усвоения материала по стереометрии [1, с. 102].

Методика применения 3D-моделирования может быть реализована в несколько этапов:

1 *Демонстрационный этап* (использование готовых 3D-моделей при объяснении нового материала).

2 *Лабораторно-практический этап* (учащиеся под руководством учителя выполняют построения простых моделей, задавая параметры и наблюдая, как изменение размеров влияет на форму). *Исследовательский этап* (школьники решают стереометрические задачи, используя инструменты анализа модели: измеряют расстояния, углы, площади поверхностей и объемы).

Таким образом, включение 3D-моделирования в процесс обучения стереометрии позволяет не только повысить уровень визуализации учебного материала, но и активизировать познавательную деятельность учащихся, развить их пространственное воображение и подготовить к решению практико-ориентированных задач.

Литература

1 Якиманская, И. С. Развитие пространственного мышления школьников / И. С. Якиманская. – М.: Педагогика, 2019. – 240 с.

К. Е. Куксёнок, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОИСК В ДОКУМЕНТАЦИИ, СВЯЗАННОЙ С ОРГАНИЗАЦИЕЙ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания эффективной системы семантического поиска в документах, регламентирующих поступление, пересдачи и отчисление в вузах Республики Беларусь. Разработка обеспечит быстрый доступ к точным правовым рекомендациям на естественном языке, что критически важно для соблюдения законодательства и повышения качества управления учебным процессом.

Программная реализация серверной части выполнена с использованием языка C# и архитектурного паттерна Model-View-Controller, который разделяет логику обработки данных и пользовательского интерфейса. В качестве хранилища данных используется СУБД Microsoft SQL Server. Взаимодействие компонентов системы построено на основе клиент-серверной архитектуры, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Клиент-серверная архитектура проекта

Предложенный метод позволяет находить документы не по точному совпадению слов, а по смыслу запроса. Это особенно важно в критических ситуациях, например, когда речь идет о возможном отчислении или восстановлении в вузе. В такие моменты студенту не нужно знать точное название приказа или регламента – достаточно описать проблему своими словами.

Д. Д. Куранков
(МГПУ имени И. П. Шамякина, Мозырь)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Использование специализированного программного обеспечения открывает перед школьниками возможность увидеть математику «в действии», превращая абстрактные теории в осязаемые модели.

Одним из универсальных инструментов для изучения геометрии и алгебры является GeoGebra. Это приложение позволяет создавать «живые» чертежи и демонстрировать наглядно, как изменение одного параметра меняет графики функций. Такой исследовательский подход превращает учебу в настоящий творческий процесс.

С помощью графического калькулятора Desmos можно за считанные секунды визуализировать сложнейшие системы уравнений и создавать захватывающие анимации, что делает изучение функций интуитивно понятным даже для тех, кому предмет давался с трудом.

Образовательные платформы, как ЯКласс и Khan Academy, позволяют выстраивать индивидуальные траектории обучения, автоматически адаптируя сложность заданий под уровень знаний каждого конкретного ученика.

Для поддержания высокой вовлеченности школьников в учебном процессе активно внедряются интерактивные сервисы, как Kahoot! и Quizizz, которые позволяют провести соревнования и математические викторины в реальном времени.

Технологии также значительно упрощают диагностику. Использование Google Форм позволяет проводить моментальные срезы знаний учащихся, а для генерации уникальных задач и глубокого анализа прогресса каждого ученика используют нейросети.

Информационные технологии в современном мире - неотъемлемая часть образовательного процесса. Поскольку их грамотное применение способствует повышению мотивации школьников, экономии времени учителя, а также повышению качества технологичного и доступного образования для каждого!

Литература

1 Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. Заведений / И. Г. Захарова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 192 с.

Е. М. Кучинская, А. В. Нарожник
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ

В условиях цифровизации образования возрастает необходимость оптимизации контроля знаний обучающихся. Проверка письменных работ (эссе, рефератов, курсовых проектов и развернутых ответов) требует значительных временных затрат и высокой концентрации внимания преподавателя. Традиционная экспертная оценка обеспечивает глубину анализа, однако связана с высокой нагрузкой, что актуализирует использование интеллектуальных инструментов поддержки.

Современные технологии обработки естественного языка, основанные на методах машинного обучения, позволяют автоматизировать анализ текста. Языковые модели способны оценивать структуру работы, логичность и последовательность аргументации, полноту раскрытия темы, а также выявлять стилистические и грамматические неточности. Одним из примеров является нейросетевая модель ChatGPT, применяемая для предварительного анализа академических текстов и формирования развернутой обратной связи [1].

Пример запроса к системе может быть сформулирован следующим образом: «Проанализируй эссе на тему «Цифровая трансформация образования», оцени полноту раскрытия темы и логичность аргументации». В результате формируется аналитический комментарий, который может использоваться студентом для доработки текста либо преподавателем как вспомогательный инструмент при оценивании. Использование нейросетевых моделей способствует повышению объективности анализа и сокращению временных затрат, однако не заменяет экспертную педагогическую оценку и должно рассматриваться как средство поддержки образовательного процесса.

Литература

1 OpenAI. ChatGPT: нейросетевая языковая модель: [сайт]. – URL: <https://chat.openai.com/> (дата обращения: 30.01.2026).

Д. А. Лис, Я. А. Сидорик
(БГТУ, Минск)

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ НА УЧЕБНУЮ МОТИВАЦИЮ СТУДЕНТОВ

На данный момент актуальной проблемой является снижение мотивации студентов из-за низкой вовлечённости. В связи с этим требуется поиск инструментов, стимулирующих познавательную активность. Геймификация предполагает внедрение игровых элементов (баллы, уровни, рейтинги, достижения) в учебный процесс [1] для повышения мотивации и активности обучающихся. Цель проведённого исследования – выявить отношение студентов к геймификации и оценить её влияние на интерес к учёбе и вовлечённость.

Исследование проводилось на базе БГТУ (г. Минск). Для обеспечения репрезентативности и отражения потребностей большинства обучающихся выборка была сформирована из студентов 1–4 курсов различных факультетов. Всего было опрошено 503 респондента. Около 80 % участников положительно относятся к использованию игровых механик и отмечают, что с ними занятия кажутся более интересными и «живыми». Около 70 % респондентов указали, что геймификация помогает лучше запоминать материал и дольше удерживать внимание. Примерно 10–15 % относятся к геймификации нейтрально, а явно негативную позицию занимают не более 5–7 % опрошенных. Основная критика связана с риском «игровой перегрузки» и отвлечением от содержания.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными зарубежных и отечественных метаанализов [2], где также фиксируется рост мотивации и учебных достижений при внедрении геймификации. Это позволяет сделать вывод, что при продуманной методической интеграции геймификация является эффективным инструментом повышения качества обучения и может быть рекомендована к более широкому использованию в вузовской практике.

Литература

1 Cyberleninka: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-v-obrazovanii-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 14.02.2025).

2 Science direct: [сайт]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691825007310> (дата обращения: 14.02.2026).

Ю. С. Миронова

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАФЕДРЫ «ИНФОРМАТИКА»

Современное высшее образование предъявляет высокие требования к качеству учебно-методических материалов. В современных условиях цифрового развития университетов актуальной задачей является создание инструментов, позволяющих не просто хранить методические пособия, а управлять их жизненным циклом: от разработки до списания. Особенно остро эта проблема стоит для кафедр, готовящих ИТ-специалистов, где скорость устаревания литературы максимальна. Данная работа посвящена разработке модели прецедентов специализированной программной системы учета методического обеспечения кафедры «Информатика».

На основе анализа деятельности кафедры «Информатика» были выделены пять ключевых ролей пользователей, каждая из которых обладает строго определенным набором прав, что отражено в разработанной модели прецедентов. Администратор отвечает за техническую часть: управляет учетными записями, настраивает справочники, но не может изменять содержимое методичек. Заведующий кафедрой утверждает пособия, назначает ответственных за дисциплины, смотрит отчеты об обеспеченности предметов литературой и списывает устаревшие издания. Методист отвечает за наполнение системы контентом: ввод новых пособий, редактирование существующих записей, а также за выдачу и возврат учебников. Преподаватель выступает в роли потребителя контента, получая доступ к поиску и скачиванию методических материалов по своим дисциплинам. Студент имеет

ограниченный доступ, что позволяет оценивать востребованность ресурсов без вмешательства во внутренние процессы кафедры.

Разработанная модель прецедентов, построенная с учетом выделенных ролей и их взаимодействия, стала основой для архитектуры будущего программного продукта.

Практическая значимость работы заключается в создании инструмента, который позволит кафедре «Информатика» автоматизировать рутинные процессы учета, повысить прозрачность распределения учебно-методических материалов и обеспечить оперативный доступ к актуальным материалам для всех участников образовательного процесса.

А. Р. Михалевич
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ И ХОСТИНГА УЧЕБНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ

Подготовка ИТ-специалистов требует связи теории с промышленной практикой, однако локальное выполнение лабораторных работ не формирует компетенции в распределённых системах. Актуальным становится создание сред, моделирующих полный цикл ПО на открытых технологиях [1, 2]. Контейнеризация (Docker) и оркестрация (Kubernetes) – стандарт индустрии, но их внедрение в учебный процесс затруднено сложностью настройки и изоляции проектов.

Цель работы – разработать систему автоматизированного развертывания учебных веб-приложений на базе контейнеризации, обеспечивающую сквозную автоматизацию сборки, тестирования и публикации. Архитектура включает Git-сервер, CI/CD-систему, реестр артефактов и Kubernetes. При изменениях в репозитории запускается конвейер: код собирается, тестируется и развёртывается в изолированной среде. Поддержка многоконтурности позволяет моделировать стадии разработки, тестирования и стейджинга.

Система унифицирует среду исполнения, автоматизирует проверку работ и формирует у студентов DevOps-навыки. Апробация

в учебном процессе оценит производительность и влияние на качество подготовки. Решение повышает эффективность обучения за счёт приближения к индустриальным стандартам и доступности открытых технологий.

Литература

1 Бурцев, В. Л. Применение технологий виртуализации и контейнеризации в образовательном процессе / В. Л. Бурцев // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 83-92.

2 Иванов, П. Н. Открытое программное обеспечение в подготовке ИТ-специалистов: проблемы и перспективы / П. Н. Иванов, А. В. Смирнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2022. – № 5. – С. 45-52.

М. А. Петрушкевич, А. Е. Банникова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИКАЦИОННОГО КОНТЕНТА И РЕЧЕВОГО ИНТЕРФЕЙСА В ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В работе представлена обучающая технология для детей дошкольного возраста, основанная на использовании мультипликационного контента и речевого интерфейса. Система сочетает элементы развлечения и обучения, повышая мотивацию и вовлечённость ребёнка в образовательный процесс.

Современные дошкольники активно взаимодействуют с цифровым контентом, поэтому использование мультипликации является эффективным средством подачи учебного материала [1]. Анимация способствует удержанию внимания ребёнка и формированию положительного эмоционального фона при выполнении заданий.

Разработанная технология основана на мультфильме, где мультипликация используется как функциональный элемент обучающего сценария. Перед продолжением просмотра мультфильма ребёнку предлагается выполнить интерактивное задание, сопровождаемое GIF-анимацией.

Мультипликация и речевой интерфейс работают в тесной взаимосвязи. При правильном ответе система предоставляет голосовое поощрение и возобновляет воспроизведение мультфильма, при ошибке – предлагает повторную попытку с подсказкой. Реализация выполнена в виде веб-приложения с использованием HTML, CSS и JavaScript.

Использование мультипликации в сочетании с речевым интерфейсом повышает эффективность обучения, способствует развитию когнитивных и речевых навыков и может быть применено при создании цифровых образовательных ресурсов для дошкольников.

Литература

1 Cyberleninka.ru: детские обучающие программы и компьютерные игры. Авторская программа новой специализации в вузе. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 03.11.2025).

А. Т. Пошиева, В. В. Мироненко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

О ПРИМЕНЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБУЧЕНИИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Интегрирование искусственного интеллекта в образовательный процесс становится необходимым и неизбежным этапом развития современной школы, в том числе высшей школы. Однако стремительное внедрение технологий значительно опережает естественное формирование методологической базы их разумного и даже попросту безопасного использования. Актуальной становится проблема критического анализа соотношения «за» и «против» искусственного интеллекта в образовании.

Попытаемся тезисно обозначить основные плюсы и минусы использования искусственного интеллекта в образовании на текущий момент.

К плюсам относится, прежде всего, значительное расширение образовательного пространства. Обучаемому, по сути дела, уже с открытием интернета была предоставлена гигантская библиотека знаний с объёмом, значительно превышающим объём любой классической библиотеки [1]. Технологии нейросетей позволяют перейти

на следующий, казавшийся до того фантастическим уровень доступности знаний, открывающий самые впечатляющие возможности как для ученика, так и для педагога. Кроме того, процесс обучения в этой библиотеке предельно индивидуализирован и интерактивен. Алгоритмы обучения позволяют анализировать когнитивные особенности студента, адаптируя сложность задач и темп подачи материала в реальном времени.

К минусам относится то, что можно было бы объединить под общим названием дегуманизации образовательного процесса. В неопытных руках использование искусственного интеллекта может быть опасно, как использование всякого мощного орудия. Существует чрезвычайная опасность деградации человека, делегировавшего свои интеллектуальные функции машине. Чрезмерная зависимость от готовых решений, генерируемых нейросетями, может привести к атрофии навыков самостоятельного мышления. И неизбежно приведёт, если человек осознанно не повернётся лицом к этой гигантской проблеме.

В целом не следует забывать, что обучение представляет собой передачу знания и опыта от человека к человеку прежде всего. Искусственный интеллект при этом должен быть важным вспомогательным инструментом.

Литература

1 Мироненко, В. В. Інтернет як сучасна технологія навчання / В. В. Мироненко, І. Г. Саєвич // Наукові праці МАУП. – 2008. – Т. 19, № 3.

А. Э. Рыбникова, А. В. Лубочкин
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

МОБИЛЬНОЕ ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧАЮЩЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ

В современных условиях цифровизации образования особую значимость приобретает использование мобильных технологий в учебном процессе. Школьники активно используют мобильные устройства в повседневной жизни, что открывает широкий потенциал для интеграции обучающих решений в привычные цифровые среды.

Однако в учебной практике всё ещё остро стоит проблема пробелов в знаниях, особенно по таким фундаментальным и сложным предметам, как математика и информатика.

Стандартные подходы к обучению часто не учитывают индивидуальные особенности учеников, а значит, не всегда эффективно помогают устранять накопленные дефициты знаний [1].

Практическая значимость данной работы заключается в разработке приложения, которое может быть использовано в школах как вспомогательный инструмент учителя, а также в рамках самостоятельной подготовки учащихся и помощи онлайн-преподавателей в разборе непонятных тем [2].

Создание интерактивного мобильного приложения направленно на устранение пробелов в знаниях учащихся путём интерактивных элементов (что является главной задачей), созданных с помощью HTML5, CSS и JavaScript [3].

Литература

- 1 Рабунский, Е. С. Индивидуальный подход в процессе обучения школьников / Е. С. Рабунский. - Изд-во «Педагогика». М., 1975. – С. 184.
- 2 Фрейн, Б. HTML5 и CSS3. Разработка сайтов для любых браузеров и устройств. 2-е изд. / Б. Фрейн – СПб.: Питер, 2017. – 272 с.
- 3 Прасти, Н. Введение в ECMAScript 6. / Н. Прасти; пер. с англ. Р. Н. Рагимова. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 177 с.

В. Б. Седко

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ

ИТ в обучении математике улучшают понимание за счет интерактивности и индивидуализации, но сопряжены с техническими проблемами, неравным доступом и риском упрощения материала [1].
Нами рассмотрены преимущества использования ИТ в обучении:

- 1 Визуализация абстрактных понятий. GeoGebra и Desmos помогают визуализировать математику, позволяя строить графики и анимировать преобразования.

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

2 Интерактивность и геймификация. Геймификация превращает решение задач в увлекательный квест, а интерактивные тесты-соревнования активизируют даже слабых учеников.

3 Автоматизация рутинных операций. Системы автоматической проверки экономят время учителя и мгновенно указывают ученику на ошибки, что ускоряет коррекцию знаний.

4 Доступ к глобальным ресурсам. Онлайн-курсы и видеоуроки на YouTube помогают разобраться в сложных темах. Открытые базы задач позволяют готовиться к экзаменам без репетиторов.

5 Моделирование реальных задач. Программы для статистики показывают, как математика применяется в экономике, инженерии.

6 Сотрудничество и коммуникация. ИТ позволяют ученикам работать над проектами в команде, а форумы и чаты дают возможность задавать вопросы и обмениваться опытом вне класса.

7 Увеличение мотивации. Интересные форматы: Мультимедийные материалы и интерактивные задания делают процесс обучения более привлекательным.

Литература

1 Зайцева, С. А. Информационные технологии в образовании: автореф. дис. д-р педагог. Наук 13.00.08 / С. А. Зайцева. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2004.

Р. Ю. Сивцов

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Нагрузочное тестирование распределенных систем оценивает их масштабируемость и время отклика для поиска точки насыщения, после которой следует деградация производительности.

Фундаментальной базой для анализа результатов тестирования является закон Литтла, устанавливающий строгую связь между количеством транзакций в системе (L), интенсивностью входящего потока (λ) и средним временем пребывания запроса в системе (W):

$$L = \lambda W.$$

Данное соотношение позволяет в процессе тестирования проверять корректность работы генераторов нагрузки и выявлять скрытые задержки в очередях внутри распределенных компонентов.

Оценка способности системы к расширению при увеличении числа узлов n проводится с помощью Универсального закона масштабируемости Гюнтера (*USL*), который является развитием классических моделей для распределенных сред. Относительная производительность $C(n)$ вычисляется по формуле [1]:

$$C(n) = \frac{n}{1 + \sigma(n-1) + k \times n(n-1)}.$$

Параметр k описывает затраты на синхронизацию между узлами. Нагрузочное тестирование позволяет эмпирически вычислить коэффициенты σ и k , что дает возможность точно определить точку, после которой добавление новых серверов уменьшит общую производительность системы. Таким образом, использование данных законов переводит процесс тестирования из области простого измерения в область научного анализа и прогнозирования.

Литература

1 Гюнтер, Н. Дж. Анализ производительности систем. Профессиональный подход / Н. Дж. Гюнтер. – М.: Вильямс, 2008. – 400 с.

А. В. Силков, В. В. Орлов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-САЙТА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЦТ ПО МАТЕМАТИКЕ

В условиях цифровизации образования веб-технологии становятся важным инструментом повышения эффективности подготовки учащихся к централизованному тестированию. ЦТ по математике требует систематического повторения теоретического материала, отработки практических навыков и регулярного контроля уровня знаний, что делает актуальной разработку специализированных образовательных веб-ресурсов.

В рамках данной работы рассматриваются вопросы проектирования и разработки веб-сайта для подготовки учащихся к централизованному тестированию по математике. Основное внимание уделяется разработке структуры веб-приложения, созданию базы данных для хранения заданий, информации о пользователях и результатах тестирования, а также интеграции базы данных с пользовательским веб-интерфейсом. Для реализации динамического функционала сайта используются современные веб-технологии (HTML, CSS и Javascript) и серверные средства (PHP, MySQL), обеспечивающие обработку данных и взаимодействие пользователя с системой.

Функциональные возможности разработанного веб-сайта включают тематические разделы по основным темам школьного курса математики, тестовые задания различного уровня сложности и средства самоконтроля знаний. Реализация системы тестирования позволяет автоматически проверять ответы, сохранять результаты и анализировать уровень подготовки пользователей. В работе представлены результаты тестирования веб-приложения, а также проведён анализ эффективности его использования и удобства пользовательского интерфейса.

Разработанный веб-сайт может быть использован в качестве дополнительного средства подготовки к централизованному тестированию по математике и служить основой для дальнейшего развития образовательных веб-платформ.

М. А. Скляр

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Интеллектуальный анализ данных (ИАД) представляет собой совокупность методов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [1]. Актуальность применения методов ИАД обусловлена экспоненциальным ростом объема цифровых образовательных данных, многомерная структура которых затрудняет анализ классическими статистическими подходами.

В настоящее время ИАД применяется для решения широкого спектра образовательных задач: прогнозирования успеваемости учащихся, мониторинга динамики освоения знаний и навыков, визуализации данных для оперативной корректировки учебного процесса, обнаружения аномалий в обучении [2].

Используя методы ИАД, предложено рассмотреть задачи построения диагностических систем, включающих следующие классификации: студентов по типу академической активности; студентов по вероятности срывов сроков выполнения курсовых и дипломных работ; учеников по вероятности ухудшения/улучшения успеваемости после перехода из начальной в среднюю школу; учеников по выбранным специальностям при поступлении в ВУЗ-ы; учеников по специализациям в старших классах; эффективности дополнительных занятий по точным наукам в средних и старших классах; учреждений среднего образования по успешности учеников на итоговых экзаменах.

Применение методов ИАД позволит провести более детальный и глубокий анализ особенностей задач в образовательном процессе.

Литература

1 Data mining: [сайт]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_mining/ (дата обращения: 04.02.2026).

2 Romero, C. Educational data mining and learning analytics: an updated survey / C. Romero, S. Ventura. – Hoboken, NJ: Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. – 2020. – Vol. 10, № 3. – P. 1355.

А. В. Тищенко

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В ГГТУ ИМЕНИ П. О. СУХОГО

В условиях глобализации и расширения академической мобильности увеличивается число иностранных студентов, поступающих в университеты. Их адаптация включает организационные, образовательные и социальные аспекты. При поступлении иностранный студент сталкивается с

рядом сложностей: сбор и подача документов, выбор образовательной программы, необходимость довузовской подготовки, языковой барьер, вопросы проживания, медицинского обеспечения и правовой поддержки. Существующие методы поддержки студентов основаны на разрозненных источниках: сайт университета, устные консультации, отдельные инструкции. Это приводит к низкой информированности, потере данных и увеличению нагрузки на сотрудников международного отдела. Целью проекта является разработка web-приложения, автоматизирующего процессы приёма, обучения, социальной и информационной поддержки иностранных студентов.

Разработано специализированное web-приложение, включающее подсистемы управления приёмом, образовательной траекторией, учебной и социальной адаптацией, информационно-коммуникационной поддержкой и администрированием. Система реализует ролевую модель доступа для студентов, преподавателей, сотрудников международного отдела и администраторов, обеспечивая целостность и безопасность данных.

В системе реализованы регистрация и авторизация пользователей, подача и обработка заявок, управление статусами, назначение образовательной программы, размещение учебных материалов, доступ к расписанию и консультациям, публикация информации о проживании, визовых и медицинских вопросах, уведомления и обмен сообщениями. Для администраторов реализовано управление пользователями, ролями, справочниками и контентом. Структура базы данных обеспечивает централизованное хранение информации и прозрачность процессов.

Приложение повышает доступность информации, снижает нагрузку на сотрудников международного отдела и обеспечивает эффективное управление адаптацией иностранных студентов.

Г. А. Тищенко, В. А. Короткевич
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «SQL-ТРЕНАЖЁР»

Изучение языков запросов к базам данных играет ключевую роль в подготовке специалистов в области информационных технологий. Язык SQL на протяжении многих лет остаётся основным стандартом

для работы с реляционными базами данных и широко используется в программной инженерии, аналитике данных и администрировании информационных систем.

Web-приложение «SQL-Тренажёр» разработано с целью создания удобного и эффективного инструмента для обучения написанию SQL-запросов. Основным элементом интерфейса приложения является интерактивная среда решения задач.

Пользователь выбирает тему (объединение таблиц, группировка, подзапросы и т. п.), задание, вводит SQL-запрос в специальное текстовое поле и отправляет его на проверку. Система выполняет запрос и сравнивает результат с эталонным решением, после чего отображает сообщение об успешном выполнении или указывает на ошибки. Реализован контроль за соблюдением дополнительных требований к написанию SQL-запроса (использование специальных операторов, подзапросов и т. п.).

В разделе авторизации предусмотрены формы для входа и регистрации пользователей. После успешной авторизации пользователь попадает на главную страницу приложения, где отображается структура базы данных, с которой взаимодействует пользователь при решении заданий, и меню для перехода к задачам.

Они структурированы по типам SQL-запросов, что облегчает навигацию и поэтапное изучение материала. В разделе профиля пользователя реализован модуль статистики, позволяющий отслеживать прогресс обучения.

Для администраторов реализована отдельная панель управления, обеспечивающая управление темами, заданиями и содержимым базы данных, с которой взаимодействует пользователь при решении задач.

Web-приложение реализовано с использованием языка программирования PHP и фреймворка Yii2, обеспечивающего высокую производительность и удобство клиент-серверного взаимодействия. Для создания пользовательского интерфейса применялись Язык JavaScript с библиотекой jQuery, технологии HTML5 и CSS3, а также фреймворк Bootstrap, обеспечивающий адаптивную вёрстку. Для хранения данных используется реляционная база данных MS SQL Server.

А. А. Тропец
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОИСК АКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ О СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Технологии на базе искусственного интеллекта постепенно интегрируются в повседневные и профессиональные процессы. Правильно выбранная сеть для конкретной задачи может сэкономить затраты, а ошибочно выбранная – привести к снижению качества и лишним затратам. Для анализа специализации нейронных сетей публикуется большое количество документации разной актуальности. Для работы с актуальными сведениями по запросу в стиле разговорной речи выступает семантический поиск актуальной информации.

Приложение построено на клиент-серверной модели. Выполняется предварительная обработка на сервере с применением подхода *Retrieval-Augmented Generation (RAG)* [1] осуществляет поиск релевантных данных в базе знаний. Архитектурно приложение реализовано как MVC-проект [2] на языке C#. В качестве СУБД используется *MS SQL Server*, обеспечивающая хранение, индексацию и выборку данных.

Существует три ключевых ресурса: человеческие ресурсы, финансовые ресурсы и время, затрачиваемое на выполнение задач. За счёт автоматизации достигается экономия времени, низкая цена подписки экономит затраты, а так как почти всю работу выполняет нейронная сеть, это экономит человеческие ресурсы. Достижение экономии двух из трёх вышеупомянутых ресурсов уже можно считать успехом. Приложение семантического поиска поможет не только достичь экономии двух ресурсов, что является значительным достижением, но и позволит экономить на всех трёх ресурсах, обеспечивая наилучший результат.

Литература

1 Habr.com: *RAG (Retrieval Augmented Generation)* простое и понятное объяснение – URL: <https://habr.com/ru/feed/> (дата обращения: 16.02.2026)

2 Лок, Э. ASP.NET Core в действии / Э. Лок. – 3-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 950 с.

С. А. Тюшляев
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

В условиях цифровизации образования информационные технологии и инструменты на основе искусственного интеллекта активно внедряются в учебный процесс. Особую актуальность приобретает применение нейросетевых решений в задачах обучения и контроля знаний, поскольку традиционная разработка тестовых заданий требует значительных временных затрат и не всегда обеспечивает достаточную вариативность и адаптацию к уровню обучающихся [1]. В работе изучены возможности эффективного использования современных нейросетевых образовательных платформ для автоматизации рутинных задач в учебном процессе (на примере Examica и Kampus AI), а также проведена оценка их функционала для обучения и контроля знаний в рамках самостоятельной работы.

Examica представляет собой специализированную информационную систему для генерации, проведения и анализа тестовых заданий на основе учебных материалов. Нейросетевые алгоритмы позволяют формировать вопросы различных типов и расширяют инструментарий преподавателя при разработке контрольно-оценочных средств. Практические результаты показали, что качество автоматически сформированных заданий определяется полнотой и структурированностью исходного учебного текста, при этом сервис не заменяет собой педагогическую экспертизу. Kampus AI является эффективным нейросетевым помощником для объяснения отдельных задач и структурирования нового учебного материала, подготовки учебных текстов по отдельным модулям дисциплины.

Сравнительный анализ нейросетевых технологий этих двух программных решений показывает, что они ориентированы на разные педагогические задачи: Examica с успехом может применяться для промежуточного контроля знаний, Kampus AI – для поддержки процесса обучения, а их совместное использование формирует более целостную цифровую образовательную среду в высшей школе.

Литература

1 Беляева, О. А. Образовательные технологии: учеб.-метод. пособие / О. А. Беляева, Т. А. Бобрович. – 4-е изд., стер. – Мн.: РИПО, 2025. – 182 с.

Д. С. Чернокал
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ШАШКИ»

Разработка игровых приложений на языке Python является важным этапом в изучении алгоритмизации и проектирования графических интерфейсов, что позволяет создавать интерактивные инструменты для досуга и обучения. В связи с этим актуальной является задача разработки программного обеспечения, реализующего классическую игру «Шашки» с использованием библиотеки Pygame.

В докладе представлены основные этапы, которые позволяют реализовать функциональность приложения для игры в шашки. Приложение включает такие функции, как выбор режима игры и настройку сложности искусственного интеллекта, что создает удобный интерфейс для пользователей разного уровня подготовки. Реализация алгоритма работы приложения включает следующие этапы:

1 Инициализацию графической среды: настройка экранной области, определение цветовых констант и параметров сетки игрового поля. Создание основного игрового цикла, который обеспечивает обновление экрана и частоту кадров (FPS).

2 Формирование игровой доски: создание и инициализация структуры данных в виде двумерного массива для хранения информации о расположении шашек, их типах и пустых клетках.

3 Обработку игровых событий: настройка системы отслеживания кликов мыши, позволяющей игроку выбирать фигуры и указывать целевые клетки для хода.

4 Программирование правил и механик: реализация алгоритмов перемещения, обязательного взятия фигур противника и трансформации шашки в дамку при достижении противоположного края доски.

5 Интеграцию искусственного интеллекта: разработка логики поведения компьютера, включающей три уровня сложности – от случайного выбора хода до глубокого анализа позиции с использованием оценочных функций.

Созданное приложение может служить основой для более сложных проектов, таких как внедрение сетевого мультимплеера или реализация продвинутых алгоритмов поиска на основе деревьев решений, что открывает новые горизонты для развития навыков программирования и геймдизайна.

Д. А. Шаблинский
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ RAG-АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА

Автоматизация создания учебных материалов с помощью непосредственного использования больших языковых моделей сопряжена с риском генерации недостоверных данных [1]. В сфере технического образования точность контента критична, что делает проблему его верификации актуальной.

Для решения данной задачи в работе исследуется архитектура дополненной поиском генерации (Retrieval-Augmented Generation, RAG), позволяющая модели использовать внешнюю базу знаний.

Для повышения достоверности реализован комплекс технологических решений на базе векторной СУБД и модели эмбедингов. Для сохранения связности данных применено чанкирование текста объемом 800 символов с перекрытием в 100 символов. Поиск релевантного контекста по косинусному расстоянию обеспечивает жесткую привязку ответов к верифицированным источникам.

Дополнительным механизмом контроля служит автоматизированная многомодельная верификация. Сгенерированный Llama 3.1 ответ проверяется высокопроизводительной моделью-рецензентом Gemini 3, которая сопоставляет контент с эталонной документацией

и выставляет оценку по 10-балльной шкале [1]. Использование независимой архитектуры для контроля позволяет объективизировать проверку и исключить фактологические ошибки генерации.

Сравнительный анализ показал, что в режиме по-RAG наблюдается значительный разброс качества с оценками от 2 баллов, что подтверждает риск выдачи недостоверных данных. Внедрение RAG-архитектуры и экспертной оценки рецензентом стабилизирует качество в диапазоне 9–10 баллов. Таким образом, предложенный технологический стек позволяет минимизировать фактологические ошибки и готовить верифицированный контент для высшей школы.

Литература

1 Асенчик, О. Д. Использование больших языковых моделей для создания учебных материалов по дисциплине «Базы данных» / О. Д. Асенчик // Цифровая трансформация. – 2025. – Т. 31, № 4. – С. 5-14.

Д. М. Шаматенко

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ПРОДВИЖЕНИЯ ЛИТЕРАТУРНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ НАЧИНАЮЩИХ АВТОРОВ

Современные начинающие авторы сталкиваются с проблемой продвижения своих произведений в условиях перенасыщения контента в литературном сообществе. Талантливые писатели имеют сложности в поиске аудитории, получении адекватной и профессиональной критики, а также при выходе на коммерческий уровень взаимодействия с издательствами. Оптимальным решением станет формирование цифровой среды для взаимодействия всех участников.

Для решения поставленных задач разработана модель прецедентов, включающая девять категорий пользователя. Основной ролью является универсальный профиль, совмещающий функции читателя для управления библиотекой и подписками с функционалом начинающего автора. По ходу творческого роста писатель может получить статус

коммерческого автора для монетизации контента. Модель претендентов содержит в себе профессиональных участников: литературные критики выстраивают рейтинги произведений, а редакторы, корректоры и переводчики занимаются повышением качества и локализацией текстов. Представители издательств используют систему для поиска перспективных рукописей, тогда как модераторы и администраторы обеспечивают безопасность и техническую поддержку системы.

На основе предложенной модели будет разработан программный комплекс с использованием Java и React, обеспечивающий полный жизненный цикл книги. Система будет включать визуальный редактор, инструменты взаимодействия с издательствами, глубокую аналитику аудитории и финансовый блок для проведения расчетов и монетизации контента. Приложение создаст прозрачную среду для профессионального роста начинающих литераторов, упростит коммуникацию авторов с редакторами или переводчиками и обеспечит читателей качественным контентом.

М. С. Шепелюк

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗРАБОТКЕ ОТКРЫТЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

В условиях цифровизации образования особую роль приобретают открытые образовательные ресурсы (ООР) – учебные и научные ресурсы, существующие в открытом доступе [1]. Их развитие связано с внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют автоматизировать процессы их создания и адаптации.

Искусственный интеллект – совокупность методов и алгоритмов, направленных на моделирование интеллектуальной деятельности человека. В сфере образования ИИ применяется для генерации текстовых материалов, анализа учебных данных и персонализации обучения, что позволяет значительно сэкономить время [2].

Ключевыми преимуществами применения ИИ при разработке ООР является возможность адаптации к индивидуальным особенностям учеников благодаря способности анализировать уровень их подготовки и допущенные ошибки, что способствует повышению эффективности обучения.

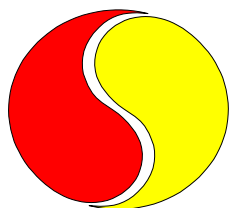
В то же время использование ИИ связано с рядом проблем, таких как риск появления неточностей в сгенерированных материалах, необходимость экспертной проверки, а также вопросы авторского права.

Для повышения качества ООР рекомендуется использовать комбинированный подход, при котором искусственный интеллект выступает вспомогательным инструментом преподавателя. Рациональное использование ИИ способствует повышению доступности, гибкости и эффективности образовательного процесса.

Литература

1 Открытые образовательные ресурсы и права интеллектуальной собственности: [сайт]. – Москва, 1997-2025. – URL: <https://iite.unesco.org/ru/publications/3214680-ru/> (дата обращения: 16.02.2026).

2 Азаров, Н. А. Использование искусственного интеллекта в образовательном процессе / Н. А. Азаров, Л. Л. Голубева / Минск: БГУ, 2024. – С. 109–113. – URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/314218/1/109-113.pdf> (дата обращения: 16.02.2026).



СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Применение информационных
технологий в экономике и управлении*

Е. Н. Бакун

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

В условиях цифровой трансформации образования возрастает роль систем менеджмента качества (СМК). Ужесточение требований государства, аккредитационных органов и потребителей услуг требует постоянного мониторинга показателей и оперативных решений. Однако во многих учреждениях СМК всё ещё полагается на ручной труд и разрозненные программы, что снижает управляемость и повышает трудоёмкость [1].

Данные о качестве, аудитах, несоответствиях и корректировках часто разбросаны по таблицам, документам и базам, затрудняя консолидацию и отчётность. В этих условиях особую значимость приобретает внедрение интегрированной информационной поддержки СМК на базе специализированной информационно-аналитической системы [2]. Перспективен переход к процессно-аналитической модели, который подразумевает централизованное хранение данных, автоматизированный мониторинг, управление несоответствиями и аналитическую отчётность.

Разграничение ролей обеспечивает адресность информации и снижает нагрузку. Система повышает прозрачность, ускоряет отчётность, усиливает контроль, снижает трудозатраты и рационализирует время персонала, а также обосновывает решения на основе данных. Таким образом, она повышает эффективность, сокращает издержки и улучшает качество.

Литература

1 Ракицкий, А. А. Инновационные технологии в современном образовании / А. А. Ракицкий // Инновационные технологии в современном образовании: сборник материалов IV Международной научно-практической интернет-конференции, Королёв, 16 декабря 2016 г. – М., 2017. – С. 327–333.

2 Милюков, И. В. Информационное обеспечение системы менеджмента качества среднего специального учебного заведения / И. В. Милюков // Инновационное развитие профессионального образования. – 2012. – С. 130-134.

Д. А. Барановский

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОДАЖ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАКАЗАМИ МАГАЗИНА КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В докладе рассматривается разработка программного комплекса, предназначенного для автоматизации бизнес-процессов кондитерской студии и организации онлайн-продаж. Акцент сделан на переходе от ручной обработки заявок к централизованной информационной системе, объединяющей функции интернет-магазина и CRM-системы.

Для решения поставленной задачи было разработано веб-приложение, серверная часть которого реализована на языке программирования PHP, что обеспечивает высокую скорость обработки данных и совместимость с большинством хостинг-платформ. В качестве хранилища информации выбрана реляционная система управления базами данных MySQL.

Ключевым архитектурным решением стало проектирование структуры базы данных по схеме «Звезда» (Star Schema). Для реализации динамического пользовательского интерфейса использованы HTML5, CSS3 и JavaScript. Внедрение технологии AJAX позволило реализовать работу корзины покупок без перезагрузки страницы, что значительно повышает удобство использования системы.

Функциональные возможности системы включают регистрацию и авторизацию клиентов, ведение истории заказов в личном кабинете и автоматическое заполнение контактных данных при оформлении покупки. Важным нововведением стала реализация ролевой модели доступа, разделяющей интерфейс на публичную зону и закрытую панель администратора.

Для управления магазином разработан административный веб-интерфейс. Он позволяет в реальном времени отслеживать таблицу поступающих заказов и управлять их жизненным циклом, изменяя статусы от «Новый» до «Готов», а также редактировать каталог товаров и содержимое фотогалереи.

Новизна данного подхода заключается в создании полностью автономного Fullstack-решения, которое не зависит от сторонних конструкторов сайтов и предоставляет гибкие возможности для масштабирования функционала.

М. Д. Богданович
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЁТА ПОЖЕРТВОВАНИЙ В ДЕТСКИЙ ФОНД

Внедрение цифровых технологий в сферу благотворительности требует высокой прозрачности финансовых операций, поскольку доверие жертвователей напрямую зависит от возможности контроля движения средств. Технология блокчейна, впервые реализованная в сети *Bitcoin*, предоставляет эффективный инструмент для создания открытой и защищённой системы учёта пожертвований [1].

Блокчейн представляет собой распределённый реестр, в котором транзакции объединяются в последовательные блоки и защищаются криптографическими методами. После подтверждения запись становится неизменяемой, что исключает возможность корректировки данных задним числом. Это особенно важно для детского фонда, где прозрачность и достоверность финансовой отчётности имеют принципиальное значение.

При разработке *Web*-приложения блокчейн используется как уровень фиксации финансовых операций. Пользователь через интерфейс приложения подключает криптокошелёк и подтверждает перевод средств. Транзакция передаётся в сеть, где смарт-контракт автоматически регистрирует сумму, адрес отправителя и назначение платежа. Код смарт-контракта неизменяем, что гарантирует соблюдение установленных правил распределения средств.

Криптографические инструменты защиты данных и механизмы подтверждения транзакций обеспечивают безопасность системы, а открытая структура хранения данных позволяет любому пользователю проверить факт поступления пожертвования по идентификатору транзакции. В результате блокчейн-технология формирует надёжную, децентрализованную и прозрачную инфраструктуру учёта, повышающую доверие к деятельности детского фонда и минимизирующую опасность неправомерного использования.

Литература

1 Баланов, А. Н. Блокчейн: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. – СПб.: Лань, 2024. – 212 с.

Б. А. Бондаревич, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫГРУЗКИ, ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ О ПРОДАЖАХ

В современных производственных и торговых компаниях важную роль играет оперативный анализ данных о продажах. Часто данные о продажах хранятся в различных информационных системах и поступают из нескольких источников, что затрудняет их обработку и анализ. В связи с этим актуальной является задача разработки автоматизированной системы выгрузки, обработки и представления данных о продажах.

Разрабатываемая система реализует полный цикл обработки данных. На первом этапе выполняется автоматическая выгрузка данных из учетных систем предприятия и внешних источников. Полученные данные загружаются в централизованное хранилище, где выполняется

их первичная обработка и структурирование. На следующем этапе выполняется трансформация данных и формирование аналитических моделей. Создаются таблицы фактов и измерений, выполняется объединение со справочниками и расчет агрегированных показателей. Также выполняются проверки корректности данных и подготовка информации для дальнейшего анализа. В результате обработки формируются аналитические наборы данных, предназначенные для построения отчетности. Пользователи получают возможность анализировать продажи по различным показателям, включая номенклатуру продукции, клиентов, торговые точки и временные периоды. Это позволяет выявлять тенденции продаж и принимать управленческие решения на основе актуальных данных.

Для разработки системы используется язык программирования Python. Хранение данных реализовано в СУБД PostgreSQL, а для выполнения аналитических запросов применяется ClickHouse. Автоматизация обработки данных осуществляется с использованием Apache Airflow и DBT. Развертывание системы выполняется в контейнерах Docker под управлением Kubernetes. В процессе разработки используется система контроля версий Git и механизмы CI/CD, обеспечивающие автоматическую сборку и обновление компонентов системы.

Д. Г. Боровская
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ ТОРГОВЫХ ОБЪЕКТОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования – разработка масштабируемого, отказоустойчивого и защищённого бэкенда интерактивной карты, обеспечивающего хранение, обработку и предоставление географических данных. Объект – процессы управления торговыми объектами и маршрутами, предмет – архитектурные и программные решения серверной части.

Технологической базой реализации выбраны Java 17 и фреймворк Spring Boot [1], обеспечивающие модульную организацию и промышленную надёжность приложения. Хранение данных реализовано на основе СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS. Управление миграциями схемы данных осуществлялось средствами Liquibase. Архитектура системы выстроена в соответствии с многоуровневой моделью. Уровень

представления реализован посредством REST-контроллеров, уровень бизнес-логики - сервисных классов, уровень доступа к данным - репозитории Spring Data JPA. Ключевой особенностью разработанного решения является реализация модели доступа с тремя иерархическими ролями: SUPERADMIN (глобальное администрирование), ADMIN (управление в пределах территории) и USER (операционная деятельность). В составе системы реализованы функциональные модули: управления географическими объектами (CRUD, фильтрация, полнотекстовый поиск), построения и оптимизации маршрутов, импорта данных (преобразование из Excel в GeoJSON).

Проведённое тестирование подтвердило корректность реализации бизнес-логики и устойчивость системы к некорректным запросам. Unit-тестирование сервисов выполнено с использованием Mockito, интеграционное тестирование API - посредством Postman и MockMvc. Разработанное решение обладает практической значимостью и может быть интегрировано в деятельность торговых организаций Гродненской области с целью сокращения логистических издержек и централизации управления территориально-распределёнными активами.

Литература

1 Spring Boot Reference Documentation [сайт] / VMware, Inc. – URL: <https://docs.spring.io/spring-book/reference/>, свободный. (дата обращения: 15.02.2026).

К. О. Вдовенко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ И СЕТЕВЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ

Цифровая трансформация экономики меняет подходы к управлению персоналом. Современные компании используют сетевые структуры и цифровые платформы для поиска специалистов, а традиционные методы рекрутинга уступают место гибким формам взаимодействия с кандидатами [1, с. 80].

Развитие информационных технологий способствует снижению транзакционных издержек и оптимизации доступа к ключевым компетенциям. Цифровые платформы позволяют формировать экосистемы, объединяющие внутренние и внешние ресурсы, партнёров и

соискателей [1, с. 81]. Это особенно актуально для HR-сферы, где эффективное взаимодействие с кандидатами становится основой конкурентоспособности.

Важным инструментом выступают специализированные онлайн-платформы и социальные сети, обеспечивающие оперативный поиск специалистов с необходимыми компетенциями. Компании вынуждены адаптироваться к смене популярных каналов коммуникации и учитывать предпочтения разных поколений пользователей [1, с. 84–85].

Таким образом, внедрение цифровых платформ в управление персоналом осуществляется на трёх уровнях: технологическом (использование онлайн-инструментов), организационном (адаптация процессов подбора) и коммуникационном (взаимодействие с кандидатами). Результаты – сокращение времени поиска, расширение доступа к талантам, повышение качества подбора – подтверждают эффективность цифровой трансформации HR-процессов.

Литература

1 Кречко, С. А. Новые формы и методы взаимодействия в цифровой экономике / С. А. Кречко, И. И. Бычек // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сб. науч. ст. – Гр.: ГрГУ, 2025. – С. 80–89.

Г. В. Гавруто

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ АНАЛИТИКА УДЕРЖАНИЯ ПЕРСОНАЛА

Аналитика персонала с фокусом на моделях текучести решает прикладную задачу: предсказать вероятность увольнения сотрудников в горизонте 3–12 месяцев и на основе прогноза вовремя предпринимать меры удержания. Практическая ценность идеи – снижение непредсказуемых потерь, экономия на найме и обучении новых лиц.

Формулировка задачи обычно сводится к бинарной классификации, где целевая переменная указывает, произойдёт ли увольнение в заданном окне. Когда важен прогноз времени до события, применяют анализ выживаемости [1].

Данные собираются из кадровых систем и смежных источников: стаж, роль, графики и нагрузка, обучение и внутренняя мобильность,

а также результаты опросов вовлеченности. Сильный уклон в программирование требует качественной инженерии признаков: временные трудности, тренды оклада и KPI. Критично устранить утечки – исключить признаки, которые формируются после фактического решения об уходе или сигнализируют о нём задним числом.

Схема действий реализации строится вокруг ежемесячных срезов активных сотрудников с валидацией во временном разрезе: обучение на раннем периоде, проверка на более позднем без перемешивания, подбор порога под бюджет кампании. На практике это означает подготовку матрицы признаков, формирование списка приоритетных сотрудников и безопасную публикацию результатов во внутренний визуальный отчет. Технологический стек: Python, pandas, scikit-learn, CatBoost/XGBoost, библиотека shap. Итоговая идея проста: грамотно собранные временные признаки, корректная временная валидация и объяснимость моделей превращают прогноз текучести в практический рычаг управления.

Литература

1 Анализ выживаемости: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/735206/>

О. В. Галчинский, С. И. Ленденкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАКУПКАМИ И ДОГОВОРАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

В докладе рассматривается разработка веб-приложения для автоматизации процессов управления закупками и договорами.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью централизации разрозненных данных, что при традиционном подходе ведет к ошибкам, низкой прозрачности и сложности отслеживания сроков.

Цель проекта – создание единой информационной системы для автоматизации полного цикла закупочно-договорной деятельности, обеспечивающей повышение прозрачности, исполнительской дисциплины и снижение операционных рисков.

Приложение представляет собой систему с разграничением прав доступа на основе ролей пользователя. После авторизации сотрудник

получает доступ к модулям через боковое меню: «Главная панель», «Закупки», «Договоры», «Контроль сроков», «Отчеты», «Реестр поставщиков». Ключевой модуль «Закупки» реализует сквозной workflow от создания карточки до заключения договора, включая этапы инициации, изучения рынка, выбора победителя и формирования договора. Модуль «Договоры» централизованно хранит все договора, привязанные к закупкам. Модуль «Контроль сроков» предоставляет инструменты для мониторинга исполнения с визуализацией оставшихся дней. «Реестр поставщиков» служит единой базой контрагентов.

Техническая реализация выполнена с использованием современных веб-технологий. Клиентская часть – одностороннее приложение (SPA) на React. Серверная часть построена на Node.js с фреймворком Express.js, что обеспечивает высокую производительность API. Для хранения данных используется реляционная СУБД MySQL. Такая архитектура обеспечивает быстрый отклик, модульность и легкость масштабирования. Новизна решения заключается в комплексной автоматизации всего жизненного цикла закупочно-договорной деятельности в рамках единой системы. Внедрение приложения позволяет исключить потерю документов, стандартизировать процессы и предоставить инструмент для контроля и аналитики.

Д. Л. Гнилякевич
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЦИФРОВОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ В КОНТЕКСТЕ SOFT-ТУРИЗМА

В условиях роста интереса к устойчивому туризму особое внимание уделяется soft-туризму, как форме, основанной на экологической ответственности и глубоком погружении в местную культуру. В Беларуси остается острой проблема низкой цифровой доступности малых населенных пунктов с высоким туристическим потенциалом, что снижает их привлекательность для туристов.

Современные информационные технологии – веб-картография, геоинформационные системы – дают возможность отображать туристические маршруты и объекты в интерактивной форме [1]. Цифровые карты

легко обновляются, гибки в настройке. Это особенно важно: маршруты soft-туризма зачастую проходят по малоизвестным природным тропам, скрытым локациям, не попадающим в стандартные путеводители.

Активное участие туристов и местных жителей в процессе актуализации данных обеспечивает краудсорсинговый подход. Каждый может создать маршрут, отметить точку интереса, добавить к ней описание. Таким образом обеспечивается не просто цифровое обновление информации, но и превращение местного сообщества в соавторов туристического образа своей земли.

Цифровое сопровождение маршрутов повышает узнаваемость малых поселков и перераспределяет потоки туристов, что создает условия для развития агроэкотуризма, поддержки малого бизнеса, а также формирует инфраструктуру без ущерба для природы [2].

Литература

1 Web mapping technologies for the valorization of slow tourism: the Via Regina project. Proceedings of the 18th AGILE International Conference on Geographic Information Science: [site]. – Lisbon, 2015. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/280233270> (дата обращения: 17.02.2026).

2 Digital Transformation: [сайт]. UN Tourism – URL: <https://www.untourism.int/digital-transformation> (дата обращения: 17.02.2026).

В. А. Грамыко, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ДОГОВОРОВ И КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В современном деловом обороте составление коммерческих предложений и договоров является рутинной, но критически важной задачей, отнимающей до 30–40 % рабочего времени менеджеров и юристов.

Проблема исследования: Существующие инструменты автоматизации документооборота либо ограничиваются примитивной подстановкой данных в статичные поля, либо (в случае использования общих LLM, таких как ChatGPT) генерируют юридически невалидные

тексты с высокой вероятностью «галлюцинаций» – выдуманных условий, несуществующих статей или некорректных ссылок на нормативные акты. Необходима система, способная:

- понимать сложные запросы пользователя на естественном языке;
- извлекать необходимые фрагменты из корпоративной базы одобренных шаблонов и регламентов;
- синтезировать итоговый документ, строго соблюдая заданную структуру.

Целью работы является разработка и программная реализация интеллектуальной системы генерации договоров и коммерческих предложений, использующей гибридный подход: точность шаблонного метода для обеспечения юридической валидности и гибкость больших языковых моделей для адаптации контента под конкретную бизнес-ситуацию.

Научная новизна и практическая значимость заключается в адаптации архитектуры RAG (Retrieval-Augmented Generation) для предметной области юридических и коммерческих документов.

Практическая значимость работы состоит в создании инструмента, который сокращает время подготовки типового договора с 2–3 часов до 5–10 минут. Снижает нагрузку на юридический отдел и отдел продаж, автоматизируя до 70 % рутинной работы с документами. Минимизирует риски включения в документ устаревших или некорректных формулировок.

Е. С. Гузов

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ САЙТА КОНФЕРЕНЦИИ «ОТ АЛЬФА К ОМЕГЕ...» С ФУНКЦИЕЙ ГЕНЕРАЦИИ СЕРТИФИКАТОВ

В современном мире информационные технологии играют ключевую роль в организации и проведении научных мероприятий. Целью данной работы является разработка пользовательской части (frontend) сайта для ежегодной конференции-конкурса «От Альфа к Омеге...»,

проходящей на базе факультета математики и информатики ГрГУ им. Янки Купалы, а также реализация сервиса автоматической генерации сертификатов участников.

В ходе анализа выделены ключевые модули: главная страница, форма регистрации с валидацией, поддержкой командных заявок и загрузкой файлов, страница просмотра участников и архив конференций. Архитектура построена на HTML5, CSS3 (Flexbox/Grid) [1] и JavaScript [2], обеспечивающих адаптивный интерфейс и динамическое взаимодействие с сервером Node.js через REST API. Данные о регистрациях хранятся в PostgreSQL и передаются клиенту в формате JSON, что позволяет в реальном времени отображать актуальный список участников.

Интеграция функции генерации сертификатов выполнена непосредственно в интерфейсе. При нажатии на кнопку «Сгенерировать» скрипт извлекает данные участника из DOM-элементов таблицы, формирует HTML-шаблон сертификата, конвертирует его в canvas с помощью библиотеки html2canvas и создает PDF-документ через jsPDF. Такой подход исключает ручной ввод и гарантирует соответствие сертификата актуальным данным из базы.

Разработанная система полностью автоматизирует процессы регистрации и документооборота конференции, минимизируя трудозатраты оргкомитета и исключая ошибки, связанные с человеческим фактором.

Литература

- 1 Фримен, Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS / Э. Фримен, Э. Робсон. – СПб.: Питер, 2014. – 720 с.
- 2 Вахтуров, В. JavaScript. Освой на примерах / В. Вахтуров. – СПб: БХВ-Петербург, 2007. – 400 с.

Н. С. Даник

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРА С КЛИЕНТАМИ

В рамках данной работы разработано веб-приложение, предназначенное для автоматизации процессов взаимодействия интернет-

провайдера с клиентами. Целью проекта является повышение эффективности обслуживания, сокращение времени обработки запросов и улучшение качества управления клиентской базой.

Приложение обеспечивает полный цикл работы с клиентами: от подключения услуг до решения технических и финансовых вопросов.

Основой для проектирования системы послужил модульный подход, который позволил выделить ключевые бизнес-процессы и реализовать их в виде независимых, но интегрированных компонентов. Архитектура приложения построена по принципу клиент-серверного взаимодействия с использованием REST-подхода, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и интеграцию с внешними сервисами.

В рамках приложения реализованы два ключевых направления автоматизации бизнес-процессов:

1 Полная автоматизация жизненного цикла клиента: от первичной регистрации и подключения услуги до регулярного биллинга, обработки запросов на техническую поддержку и управления сменой тарифного плана.

2 Централизованное управление услугами и ресурсами: система предоставляет единую платформу для контроля сетевого оборудования, управления пакетами услуг, создания акционных предложений и мониторинга их востребованности.

Внедрение приложения позволило сократить время обработки клиентских запросов на 40 %, повысить прозрачность финансовых операций и улучшить уровень удовлетворенности клиентов за счет оперативного решения проблем.

Система обеспечила возможность гибкого управления тарифными планами и акционными предложениями для увеличения продаж и удержания клиентской базы.

Разработанное веб-приложение является готовым решением для интернет-провайдеров, стремящихся оптимизировать свою работу и повысить качество обслуживания.

В дальнейшем планируется расширение функционала за счет внедрения модуля прогнозирования оттока клиентов и интеграции с системами умного дома.

Е. Г. Данькова, И. С. Войтешенко
(БГУ, Минск)

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРВИСА КРАТКОСРОЧНОЙ АРЕНДЫ ЭЛЕКТРОСАМОКАТОВ

В работе проведён анализ предметной области краткосрочной аренды электросамокатов (кикшеринга). Выявлена проблема неравномерного распределения самокатов на территории обслуживания и её негативное влияние на эффективность сервиса аренды. Формализованы задачи прогнозирования спроса на аренду электросамокатов и оптимального распределения имеющихся ресурсов с учётом системы ограничений (буфер безопасности, вместимость парковок, размерность задачи). Проанализированы существующие подходы к решению задачи балансировки имеющихся ресурсов, обусловленной неравномерным распределением самокатов на территории обслуживания.

Обоснован выбор модели прогнозирования Prophet благодаря её способности автоматически учитывать множественную сезонность (дневную, недельную, годовую), праздники и внешние регрессоры (погодные условия). Описаны метрики оценки качества прогнозирования.

Разработан жадный алгоритм оптимизации распределения ресурсов. Определена функция эффективности, позволяющая ранжировать задачи по отношению полезного результата (количество перемещённых самокатов) к затраченному времени. Алгоритм учитывает ограничения системы и генерирует как основную задачу, так и список альтернатив.

Спроектирована и реализована программная система, включающая:

- ETL-пайплайн на Apache Airflow для автоматизации сбора данных, обучения моделей и генерации прогнозов;
- REST API сервис на FastAPI для генерации задач балансировки с временем отклика менее 100 мс;
- интерактивные веб-интерфейсы на Streamlit для визуализации прогнозов и назначения задач;
- интеграцию с хранилищами данных PostgreSQL и ClickHouse.

Проведена экспериментальная оценка системы на реальных данных сервиса кикшеринга.

Д. А. Демидов, О. В. Якубович
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ВОЛНОВАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЛИОТТА

В ходе выполнения курсовой работы было проведено исследование эффективности применения волновой теории Эллиотта в сочетании с уровнями Фибоначчи и концепцией Optimal Trade Entry при анализе криптовалютных пар Bitcoin (BTC) к Tether (USDT) и Ethereum (ETH) к Tether (USDT). В теоретической части рассмотрены основные положения волнового подхода, его ключевые особенности, а также ограничения, возникающие при работе на высоковолатильных рынках.

В практической части были выполнены волновые разметки на нескольких таймфреймах, проанализированы импульсные и коррекционные движения цен, а также проведена идентификация вторых волн, представляющих наибольший интерес с точки зрения поиска зон ОТЕ. В этих зонах осуществлялись входы в позиции с ориентиром на развитие третьих волн – наиболее мощных импульсных движений в структуре тренда. Полученные результаты показали, что сочетание волнового анализа с уровнями Фибоначчи способствует формированию обоснованных торговых сценариев и позволяет выстраивать более структурированный подход к управлению рисками.

Одновременно с этим выявлены и ограничения рассматриваемого метода. Волновая разметка нередко имеет субъективный характер, особенно на младших таймфреймах, где повышенный рыночный шум затрудняет точное определение структуры волн. Отмечены случаи, когда предполагаемое развитие третьей волны не подтверждалось импульсным движением, что приводило к необходимости досрочного закрытия позиций и подчёркивало важность гибкого сопровождения сделок.

В целом проведённое исследование подтверждает, что волновая теория Эллиотта в сочетании с уровнями Фибоначчи и зоной ОТЕ может выступать действенным инструментом технического анализа при работе с криптовалютными активами. Рассмотренный подход способствует повышению осознанности торговых решений и может служить основой для дальнейших исследований, направленных на повышение объективности волновой разметки и адаптацию метода к различным рыночным условиям.

Д. Д. Дубенец
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе рассматривается применение методов анализа данных для прогнозирования экономических показателей предприятия (объёма продаж, прибыли, издержек). Пусть $x(t)$ – временной ряд показателя, где t – номер периода (месяц, квартал). Процесс прогнозирования включает обработку исходных данных, выявление тренда и сезонных компонент, построение модели и оценку её точности.

В качестве базовой модели используется линейная регрессия $x(t) = at + b + \varepsilon(t)$, где a и b – параметры модели, $\varepsilon(t)$ – случайная ошибка. Оценка параметров выполняется методом наименьших квадратов. При наличии нелинейных зависимостей применяются методы скользящего среднего, авторегрессионные модели (ARIMA), а также алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений и нейронные сети. Выбор модели определяется структурой данных и целями управления.

Качество прогнозной модели оценивается с помощью среднеквадратичной ошибки $MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$, где x_i – фактические значения показателя, $\hat{x}_i$ – прогнозные значения.

Результаты применения информационных технологий для анализа экономических данных позволяют: выявлять скрытые закономерности в деятельности предприятия, прогнозировать финансовые результаты, оптимизировать планирование ресурсов и повышать обоснованность управленческих решений.

Использование методов анализа данных и прогнозирования является эффективным инструментом в экономике и управлении, а интеграция таких технологий в информационные системы предприятия способствует повышению его конкурентоспособности и устойчивого развития.

Литература

1 Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика / А. И. Кобзарь. – М. : Физматлит, 2012. – 816 с.

2 Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2019. – 1104 с.

Д. Д. Дудин, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА И АНАЛИЗА ПАТЕНТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ RAG

Известно, что при создании новых патентов нужен поиск аналогов, прототипа, для чего необходим анализ смысла и контекста существующих изобретений. Внедрение архитектуры RAG (Retrieval-Augmented Generation) позволяет объединить точность векторного поиска с аналитическими способностями больших языковых моделей (LLM), превращая массив сырых данных в структурированные ответы на сложные технические запросы.

Проблема исследования: Существующие инструменты патентного анализа либо требуют сложной настройки поисковых запросов экспертами, либо выдают слишком общий результат. Необходима система, способная:

- понимать сложные технические запросы на естественном языке;
- извлекать релевантные фрагменты из тысяч страниц патентной документации;
- синтезировать аналитические отчеты без искажения технических фактов.

Целью работы выполняемой преддипломной практики являются, разработка и программная реализация интеллектуальной системы, обеспечивающей автоматизированный поиск и экспертный анализ патентов с использованием архитектуры RAG для минимизации фактологических ошибок.

Научная новизна и практическая значимость заключается в адаптации стратегий разбиения патентного текста (учитывая специфику разделов «Формула изобретения» и «Описание») для повышения качества векторного поиска.

Практическая значимость работы состоит в создании инструмента, который сокращает время на проведение патентных исследований (FTO-анализ, поиск прототипов) в 3–5 раз, снижая нагрузку на патентных поверенных и инженеров.

С. В. Емельянов, М. А. Писпанен
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ЛИЧНЫХ ФИНАНСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SPRING BOOT

Рост числа финансовых операций и множественность источников доходов требуют эффективных инструментов контроля личного бюджета. Доступные решения часто избыточны по функциональности или закрыты платным доступом. Создание веб-системы с интуитивным интерфейсом позволяет автоматизировать учет операций, бюджетирование и выявление закономерностей финансового поведения.

Система построена на Java 21 и Spring Boot 3.5.5, реализующих слоистую MVC-архитектуру [1]. Персистентность данных обеспечивается связкой MySQL 8.0, Spring Data JPA и Hibernate ORM, версионирование схемы – через Flyway. Интерфейс разработан с применением Thymeleaf и Bootstrap, гарантирующих адаптивность отображения.

Функционал охватывает регистрацию и аутентификацию, управление категориями операций (стандартные и персональные), учет транзакций с многопараметровой фильтрацией. Система поддерживает бюджеты двух типов: категориальные с заданным лимитом и общий, вычисляемый по совокупности доходов за выбранный месяц. Формируются аналитические отчеты различной глубины: сводная статистика финансового состояния с расчетом баланса, распределение расходов по категориям с визуализацией в виде круговых диаграмм, сравнение фактических затрат с запланированными бюджетами, помесечная динамика доходов и расходов. Spring Security обеспечивает защиту данных через BCrypt-хеширование паролей и CSRF-токены [1], а система контроля лимитов автоматически предупреждает пользователей о превышениях при добавлении или редактировании транзакций, что способствует более осознанному финансовому планированию.

Разработанное решение предоставляет полный цикл управления финансами – от фиксации операций до аналитики и планирования бюджетов. Применение проверенных технологий гарантирует надежность, а модульная архитектура – расширяемость системы.

Литература

1 Уоллс, К. Spring в действии: пер. с англ. А. Н. Киселева / К. Уоллс. – 6-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 544 с.

А. А. Зубрик

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ НА КРАУДФАНДИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассмотрим возможность автоматизированной оценки рисков проектов на краудфандинговой платформе. Целью является построение и интеграция в веб-приложение модели машинного обучения (ML), способной формировать количественную метрику риска на основе анализа текстовых описаний и метаданных проектов.

В качестве методологического инструментария применяется алгоритм Random Forest Regressor. Модель реализована в виде конвейера, что исключает утечку данных. Ключевым этапом является преобразование текстовых признаков: название и описание проекта объединяются, подвергаются лемматизации и векторизуются с помощью метода TF-IDF с учетом N-грамм (1–3 слова). Вес термина вычисляется по формуле:

$$w(t, d) = tf(t, d) \log \left(\frac{N}{df(t)} \right),$$

где N – общее количество документов, $df(t)$ – количество документов, содержащих термин t . К текстовым признакам добавлены числовые: логарифм целевой суммы, длина текста, соотношение уникальных слов.

Обучение и валидация модели проводится на синтетически сгенерированном наборе данных. Для подбора гиперпараметров используется GridSearchCV с 5-кратной кросс-валидацией. Качество построенной модели характеризуется высокими показателями на тестовой выборке: коэффициент детерминации $R^2 = 0.89$, средняя абсолютная ошибка MAE = 5.8.

Модель интегрирована в веб-платформу, разработанную на микрофреймворке Flask. Прогноз риска (значение от 0 до 100) рассчитывается в реальном времени при создании проекта и визуализируется пользователю через цветовую индикацию. В итоге демонстрируется эффективность применения методов ML для решения задач риск-менеджмента в финансовых технологиях и создает основу для внедрения подобных систем в реальные краудфандинговые платформы.

М. Д. Зубцова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДОХОДНОСТЕЙ СЫРЬЕВЫХ ТОВАРОВ И ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

В работе проведен статистический анализ динамики цен на сырьевые товары (золото, серебро, платина, нефть, газ) и валютных курсов стран Центральной Азии (KZT, UZS, TMT, TJS, KGS) к USD за 2010 – 2025 гг. [1, 2] с использованием языка программирования Python.

Анализ структуры рядов показал, что распределения цен на сырье имеют положительную асимметрию. Распределения валютных курсов разнородны: KZT, KGS и TMT симметричны, TJS имеет правостороннюю асимметрию. Все сырьевые товары показали положительную среднюю доходность, все валюты – отрицательную, что свидетельствует об их ослаблении к доллару.

Корреляционный анализ доходностей выявил сильную связь золота и серебра (0,75). Умеренная связь серебра с нефтью (0,30) объясняется промышленным спросом. Наблюдается очень слабая корреляция между сырьем и валютами Центральной Азии: для пары «нефть – тенге» коэффициент не превышает 0,14. Природный газ независим от остальных активов.

Кросс-корреляционный анализ с лагами до 6 месяцев не выявил устойчивых запаздывающих связей. Оптимальные лаги варьируются от 0 до 6 месяцев без системной логики. Это указывает на отсутствие предсказуемого влияния сырьевых цен на валютные курсы региона, формирующиеся под действием локальных факторов и монетарной политики.

Практическая значимость работы заключается в том, что отсутствие связей между сырьём и валютами, а также независимость природного газа создают возможности для распределения вложений по разным активам и снижения рисков на рынках Центральной Азии. Высокая корреляция золота и серебра требует их совместного учёта как единого фактора риска.

Литература

1 Macrotrends – The premier research platform for long term investors: [site]. – URL: <https://www.macrotrends.net/> (date of access: 13.10.2025).

2 Онлайн конвертер валют: [сайт]. – URL: <https://freecurrencyrates.com/ru/#USD;BYN;1;;fcr> (дата обращения: 15.10.2025).

В. А. Калиниченко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ НА БАЗЕ TELEGRAM

В докладе рассматривается проблема автоматизации взаимодействия между потребителями электроэнергии и диспетчерскими службами. Традиционные методы оповещения и сбора заявок через телефонные линии демонстрируют низкую эффективность в периоды массовых аварийных отключений. Целью работы является разработка программного комплекса, реализующего двусторонний канал связи с использованием технологий Telegram Bot API и веб-сервисов [1].

Для реализации системы был выбран язык программирования Python. Архитектура приложения представляет собой гибридное решение,

объединяющее синхронного чат-бота и асинхронный веб-сервер на базе микрофреймворка Flask. Центральным звеном системы выступает реляционная СУБД SQLite в связке с ORM SQLAlchemy, обеспечивающая единое информационное пространство для всех модулей.

Алгоритм работы системы включает два независимых контура, замкнутых на общую базу данных. Первый контур обеспечивает взаимодействие с населением: граждане проходят регистрацию в боте и получают возможность отправлять заявки о неисправностях. Второй контур предназначен для диспетчеров и реализован в виде веб-интерфейса, взаимодействующего с сервером через REST API. Это позволяет сотрудникам в реальном времени отслеживать статус заявок и управлять ими, изменяя состояния от «Новая» до «Выполнено» [2].

Практическое применение разработанного средства позволяет снизить нагрузку на контакт-центры и повысить оперативность устранения аварий за счет структурирования входящего потока информации.

Литература

- 1 Демиденко, А. Telegram Bot. Руководство по созданию бота / А. Демиденко. – М.: Литрес, 2023. – 29 с.
- 2 Гринберг, М. Разработка приложений с использованием Flask / М. Гринберг. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.

Р. В. Ковальков, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ CRM-СИСТЕМЫ

CRM-система (Customer Relationship Management) – это программное обеспечение для автоматизации бизнес-процессов, управления взаимоотношениями с клиентами и повышения продаж. Поэтому одним из главных требований, предъявляемых к CRM-системам, является надежная защита данных. Клиенты должны доверять и были уверены в надежности используемой CRM-системы. JWT (JSON Web Token) – токен, хранящий необходимую информацию о пользователе и цифровую подпись. Применяется для stateless-аутентификации, позволяет серверу

идентифицировать пользователя и проверять его права без хранения сессий в БД. Кроме удобства, которое предоставляет система с JWT аутентификацией, такое решение защищает от перехвата логина и пароля.

OAuth 2.0 – протокол авторизации, позволяющий одному приложению получать ограниченный доступ к ресурсам пользователя в другом сервисе без передачи логина и пароля пользователю этому приложению.

MFA (Multi-Factor Authentication) – метод контроля доступа, требующий от пользователя предъявить два и более независимых доказательств (факторов) своей личности для входа в систему. Например, подтверждения через TOTP (Time-based One-Time Password), SMS / Email, Push-уведомления, аппаратные ключи (WebAuthn / FIDO2 / YubiKey), биометрия. В случае двухфакторной аутентификации при входе CRM-система будет требовать не только логин и пароль, но и код из приложения-аутентификатора. При этом код в приложении-аутентификатора меняется через определенные промежутки времени (в зависимости от приложения тайминг обновления может составлять от 30 секунд до 1 минуты).

НМАС (Hash-based Message Authentication Code) – механизм проверки целостности и подлинности данных, использующий криптографическую хеш-функцию в сочетании с секретным ключом. Применяется для общения серверов без участия человека.

А. В. Ладик
(БГУ, Минск)

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ПИТАНИЯ УЧАЩИХСЯ: АВТОМАТИЗАЦИЯ И АНАЛИТИКА

В современном мире в учебном заведении важно не только качество образования, но и эффективное управление сопутствующими процессами. Традиционный метод, использующийся для учета посещаемости учащихся и их питания, включает ведение ведомостей классными руководителями, сбор и обработку данных вручную ответственным за это человеком. Использование данного метода не является оптимальным, так как увеличивает трудовые и временные затраты, характеризуется достаточно высокой вероятностью человеческой ошибки.

Разработанная информационная система предназначена для автоматизации процесса учета питания учащихся государственных

учреждений общего среднего образования. Эта система уменьшает нагрузку на педагогов, снижает общее время сбора и обработки данных, повышает прозрачность и точность контроля использования бюджетных средств.

Информационная система состоит из конфигурации, предназначенной для ПК, и мобильного приложения для Android. Оба компонента разработаны на платформе 1С: Предприятия.

Система обеспечивает ведение ежедневного учета посещаемости и питания учащихся, позволяя вводить данные как в основной базе, так и с помощью мобильных приложений, используемых классными руководителями. Обмен данными возможен в трех форматах: с помощью интерактивного обмена посредством HTTP-соединения между основной базой и мобильным приложением, с использованием Firebase Realtime Database в качестве промежуточного сервера или с помощью механизма экспорта/импорта данных в формате JSON. Основная база поддерживает подключение новых мобильных устройств и позволяет отправлять уведомления на мобильные устройства посредством push-уведомлений.

Разработанная система позволяет формировать необходимую отчетность, поддерживает группировку данных по периодам, классам, возрастным категориям, выполняет экспорт отчетов в формат Excel, предоставляет возможность предварительного просмотра и настройки параметров печати отчетов непосредственно из основной базы.

А. И. Лапицкая, Е. В. Комракова
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ С ФУНКЦИЕЙ АНАЛИТИКИ И БИЛЛИНГА

Актуальность работы обусловлена необходимостью эффективного управления временными ресурсами в проектной деятельности. Согласно исследованиям, специалисты теряют до 40 % рабочего времени из-за отсутствия четкой системы учета. Существующие решения, такие как *Toggl* или *Clockify*, не предоставляют комплексного подхода, объединяющего учет времени, управление задачами и автоматизацию биллинга.

Целью работы является разработка веб-приложения для учета рабочего времени, управления проектами и автоматизации финансовых расчетов. В рамках исследования решаются следующие задачи: анализ предметной области и существующих аналогов, проектирование архитектуры системы, реализация *backend*-части на *Python* с использованием *Django REST Framework*, разработка *frontend*-части на *React* с *TypeScript*, создание модулей аналитики и биллинга, тестирование разработанного решения.

Приложение построено на клиент-серверной архитектуре. *Backend* реализуется на *Django REST Framework*, *frontend* – на *React*. В качестве базы данных выбрана *PostgreSQL*, для кэширования используется *Redis*, для функционала реального времени (активный таймер, уведомления) – *WebSocket*. Функциональность включает четыре основных модуля: управление проектами и задачами, учет рабочего времени (интеллектуальный таймер, ручной ввод с валидацией), аналитику и отчетность (интерактивные дашборды, экспорт отчетов), биллинг (расчет стоимости на основе ставок, отслеживание оплат).

Новизна подхода заключается в интеграции функций тайм-трекинга, управления задачами и финансового учета в едином решении с ролевой моделью доступа, а также в реализации автоматизированного алгоритма валидации временных записей, исключающего пересечения и дублирование данных. Ожидается, что внедрение приложения позволит повысить точность учета рабочего времени и сократить временные затраты на формирование отчетности. Направления дальнейшего развития включают создание мобильного приложения и интеграцию с платежными системами.

А. С. Лозичный, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА БИБЛИОТЕКАРЯ

Для автоматизации процесса оценки адаптационного потенциала был разработан программный модуль, с помощью которого были проанализированы анкеты сотрудников научной библиотеки. Разработка осуществлялась с использованием языка программирования *Python* в среде интегрированной разработки *PyCharm*.

Обработка данных анкетирования выполнялась с помощью библиотеки *pandas*, обеспечивающей удобную работу с табличными структурами и агрегацию показателей. Численные вычисления и операции над массивами реализовывались с использованием *NumPy*. Для построения моделей кластеризации и масштабирования признаков использовались инструменты *scikit-learn*. Визуализация распределений интегральных показателей и результатов группировки осуществлялась средствами *Matplotlib*. Текстовые ответы открытых вопросов обрабатывались с применением библиотеки *sentence-transformers*, позволяющей получать семантические векторные представления текстов и учитывать содержательные различия между ответами. Для сохранения обученных моделей и обеспечения воспроизводимости результатов применялась библиотека *Joblib*.

По результатам опроса для каждого респондента был сформирован структурированный профиль и рассчитан интегральный индекс адаптационного потенциала, а также сформирована предсказательная метка уровня адаптивности.

Полученные значения интегрального индекса варьируются в диапазоне от 0,18 до 0,52, что свидетельствует о выраженной дифференциации сотрудников по уровню адаптационных возможностей. Наибольшая концентрация значений наблюдается в интервале 0,25–0,43, при этом присутствуют как низкие показатели (0,18–0,25), так и относительно высокие (выше 0,45). В соответствии с результатами кластеризации и последующей классификации сотрудники распределились по трём уровням адаптивности: высокий, средний и низкий. Значительная часть респондентов отнесена к высокому уровню, однако доля сотрудников со средними и низкими значениями остаётся существенной.

В. Н. Лозко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ БЕЛАРУСИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Цифровая трансформация – ключевой приоритет экономической политики Беларуси. Госпрограмма «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 гг.

ставит задачи создания импортонезависимой экосистемы ПО и внедрения технологий ИИ [1]. Анализ деятельности предприятий кластера за 2023–2025 гг. показывает устойчивый рост импортозамещения. Холдинг «Интеграл» в кооперации с 48 российскими предприятиями освоил выпуск 65 типономиналов микросхем, заместивших импорт на сумму около 20 млн долл. [2].

Важное направление – роботизация. Программа развития микроэлектроники до 2030 г. ставит цель увеличить плотность роботизации до 100 ед. на 10 тыс. работников. Госпрограмма включает три подпрограммы: «Экономика данных» (ИИ), «Цифровое государство» и «Цифровой суверенитет» (импортонезависимость ПО). На реализацию выделено более 1 млрд руб. [1].

Таким образом, управление цифровой трансформацией микроэлектронной отрасли осуществляется на трёх уровнях: кластерном, межгосударственном и внутрифирменном. Достигнутые результаты – рост импортозамещения, увеличение плотности роботизации, освоение новых технологий – подтверждают эффективность модели.

Литература

1 Pravo.by: О Государственной программе «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы. Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 дек. 2025 г., № 793. – URL: <https://pravo.by/>.

2 Belta.by: Микросхемы и станки: как Беларусь и Россия замещают импорт и обеспечивают совместный рынок. Белорусское телеграфное агентство (БелТА). – URL: <https://belta.by/> (дата обращения: 04.12.2025)

Е. А. Малевич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АГРЕГАТОР ФРИЛАНС-УСЛУГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО РЫНКА ТРУДА

Современный рынок фриланса демонстрирует устойчивый рост, однако его развитие сдерживается фрагментарностью: множество

разрозненных платформ и отсутствие единого пространства для взаимодействия создают для участников высокие транзакционные издержки. Заказчики тратят значительное время на поиск исполнителей, а фрилансеры вынуждены регистрироваться на нескольких площадках одновременно и вручную отслеживать новые проекты [1].

Разрозненность заказов по множеству платформ ведёт к неэффективности поиска для фрилансеров и сложностям в подборе кадров для заказчиков. Решением данной проблемы может стать агрегатор фриланс-услуг – IT-решение, способное снизить издержки поиска, повысить прозрачность рынка и оптимизировать взаимодействие между пользователями.

В отличие от существующих фриланс-бирж концепция предполагает создание мета-агрегатора с 3 ключевыми модулями, который будет выступать дополнительным сервисным слоем, собирая данные с различных источников в единое окно.

Первый – модуль сбора данных, который использует открытые API платформ для получения информации о заказах в реальном времени. Второй – модуль анализа и классификации, где применяются алгоритмы фильтрации и машинного обучения.

Третий – пользовательский интерфейс, представленный персонализированной лентой рекомендаций для фрилансеров и дашбордом аналитики для заказчиков с информацией о рыночных ставках и конкурентах.

Экономический эффект от внедрения такой системы выражается в сокращении времени поиска заказов и исполнителей в среднем на 30–40 %, а также в формировании объективной картины рынка.

Предложенная концепция агрегатора представляет собой практический пример применения информационных технологий для решения конкретной экономико-управленческой задачи в условиях динамично развивающегося рынка фриланса.

Литература

1 Фриланс в Беларуси. Business Forecast: [сайт]. – URL: <https://businessforecast.by/partners/publication/frilans-v-belarusistanovitsja-populja/> (дата обращения: 03.04.2021).

П. В. Малявко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ

Цифровая трансформация – ключевой приоритет экономической политики. Применение ИИ и Big Data становится императивом для бизнеса [1, с. 21]. Современный инструментарий включает чат-боты, CRM-системы с ИИ, платформы предиктивной аналитики и генераторы контента [2, с. 436–438].

Анализ литературы выделяет два подхода к оценке: технический (соответствие критериям «больших данных») и операционный (анализ KPI: SAC, CR, AOV) [3, с. 356]. Технический подход не связан с бизнес-результатами, операционный не позволяет выделить вклад технологии в прибыль. Необходимы модели, учитывающие затраты и вклад в прибыль [3, с. 353–354].

Предложена трёхступенчатая модель оценки: технический аудит; оценка операционной эффективности (анализ KPI в корреляции с активностью технологий); финансово-экономическая оценка (расчёт ROI на основе доли вклада технологии в прирост чистой прибыли).

Таким образом, управление цифровой трансформацией маркетинга требует объективной оценки эффективности внедряемых технологий. Предложенная модель позволяет измерить их вклад в конкурентоспособность бизнеса.

Литература

- 1 Носова, С. С. Искусственный интеллект и экономика: учеб. пособие / С. С. Носова, А. Н. Норкина. – 2-е изд. – М.: КноРус, 2023. – 399 с.
- 2 Бедретдинова, Е. Н. Использование технологий искусственного интеллекта в интернет-маркетинге / Е. Н. Бедретдинова, М. В. Левченко // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сб. науч. ст. – Гр.: ГрГУ, 2025. – С. 434–441.

З Ладкина, М.-И. И. Индикаторы использования инструментария Big Data в маркетинге организации / М.-И. И. Ладкина, Г. А. Хацкевич // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сб. науч. ст. – Гр.: ГрГУ, 2025. – С. 349–357.

Г. Г. Мохов

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

СИСТЕМА ПОМОЩИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ

Система поддержки принятия решений (СППР) в экономическом управлении – это интеллектуальный инструмент, помогающий руководителям обрабатывать большие объемы данных для обоснованного выбора в сложных ситуациях. Она не заменяет человека, а предоставляет ему консолидированную информацию из разных ведомств и прогнозы последствий различных сценариев, анализируя сырые данные в стратегическую основу для планирования.

СППР строится на краткосрочных прогнозах множества математических моделей, к примеру, КПМ (Квартальная прогнозная модель), состоящая из множества подобных моделей, широко используемая государствами для прогнозирования различных экономических сценариев [1]. Для микроэкономического сегмента СППР может стать системой сценарного анализа, позволяя ответственному лицу самому задавать эксперимент и получить результат исходя из анализа реальных данных [2].

Такая система объединяет большие данные (налоги, демография) с математическими моделями, позволяя, предсказывать бюджетные кассовые разрывы или оценивать эффект от изменения налогов. В эпоху цифровой экономики это дает возможность перейти от простого учета факторов к аналитическому управлению, хотя ключевым вызовом остается качество исходных данных. В итоге СППР становится необходимым инструментом для минимизации рисков и эффективного распределения ресурсов.

Литература

- 1 Анализ выживаемости: [сайт]. – URL: https://cbr.ru/dkp/system_p/
- 2 Анализ выживаемости: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/359188/>

И. Д. Попелковский, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ВИДЕОМОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ В АУДИТОРИИ

В современных учебных заведениях остро стоит проблема нерационального использования электроэнергии, возникающая из-за того, что по окончании рабочего дня персонал и студенты не всегда отключают оргтехнику. Включенные компьютеры, проекторы и интерактивные панели, оставленные на ночь, приводят к существенному перерасходу электроэнергии и ускоренному износу оборудования. Ручная проверка каждой аудитории требует времени и не всегда возможна в учебных корпусах. В связи с этим актуальной задачей является создание программного средства (ПС) для контроля, использующего уже готовую инфраструктуру видеонаблюдения.

Предлагаемое ПС решает эту задачу путем анализа видеопотока с камер, установленных в аудиториях. Подход основан на технологиях компьютерного зрения и позволяет детектировать визуальные признаки состояния техники: свечение светодиодных индикаторов питания, наличие изображения на мониторах и интерактивных досках, свет проекторной лампы. ПС обрабатывает кадры и классифицирует каждую единицу техники как «включено» или «выключено» [1].

В процессе разработки ПС были решены задачи особенностей эксплуатации системы в реальных условиях. Сложности возникли при детекции состояния техники в условиях изменяющегося освещения, когда блики от солнца ошибочно интерпретировались как работающее устройство. Также потребовалась калибровка под разные типы камер и учет срабатывания датчиков движения, меняющих ракурс съемки. Решение перечисленных проблем потребовало введения адаптивных порогов чувствительности и методов нормализации изображения.

При обнаружении работающего оборудования в нерабочее время ПС формирует отчет с указанием его локации. Для реализации выбраны C++ и OpenCV, инструменты которой позволяют выделять области интереса и анализировать яркостные характеристики.

Литература

1 Сацюк, А. В. Компьютерное зрение. Практика: учебное пособие/ А. В. Сацюк. – М.; Волог.: Инфра-Инженерия, 2025. – 272 с.

А. В. Пыргарь, Е. А. Ружицкая
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УЧЕТУ БРАКА НА ПРОИЗВОДСТВЕ В СОДО «ТИМБЕРЛЭНД»

Система автоматизации учета производственного брака представляет собой целостное web-решение, обеспечивающее надежный сбор, хранение и анализ данных о дефектах продукции. Принцип единой ответственности (Single Responsibility Principle) лежит в основе разделения логики приложения на четкие модули. При таком подходе выделяют три основных компонента: «Пользовательский интерфейс», «Серверное ядро» и «Слой данных».

«Пользовательский интерфейс» представляет собой web-приложение, которое осуществляет взаимодействие между сотрудником производства и системой. Предполагается наличие таких операций как ввод данных о новом случае брака (выбор изделия, типа дефекта, количества), просмотр и фильтрация существующих записей, формирование отчетов и управление справочной информацией.

«Серверное ядро» – это приложение, написанное на РНР, которое осуществляет обработку запросов от «Интерфейса» и управляет бизнес-логикой. Реализованы такие возможности как валидация входящих данных, контроль целостности информации, обеспечение безопасности операций (аутентификация и авторизация пользователей), а также формирование структурированных данных для отчетов.

«Слой данных» – это реляционная база данных MySQL, которая осуществляет надежное хранение всей информации. Предполагается наличие таких сущностей как номенклатура изделий, классификатор дефектов, регистр актов о браке и журнал пользователей системы.

Построенное на базе архитектурного шаблона MVC, приложение ожидает на входе HTTP-запрос от пользовательского интерфейса. В соответствии с типом запроса и ролью пользователя происходит маршрутизация к соответствующему контроллеру, который взаимодействует с моделью для работы с базой данных и возвращает представление (HTML-страницу или данные в формате JSON).

Все операции с базой данных используют подготовленные выражения (Prepared Statements) для гарантированной защиты от SQL-инъекций. Данные, выводимые в интерфейс, проходят экранирование для нейтрализации угроз межсайтового скриптинга (XSS).

М. А. Резчиков
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИСТРАЦИЕЙ И ОРГАНИЗАЦИЕЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ НА ОСНОВЕ NODE.JS И POSTGRESQL

Разработана полнофункциональная веб-система для автоматизации процессов регистрации участников, загрузки материалов, управления ролями сотрудников и рассылки уведомлений на Республиканскую научную конференцию «От Альфа к Омеге...». Система решает задачи обеспечения удобной онлайн-регистрации, проверки уникальности данных, безопасной загрузки файлов тезисов школьников и статей студентов в форматах .doc, .docx, многоязычной поддержки кириллических имён файлов и автоматизированной отправки персонализированных писем. Архитектура клиентской части построена на React, серверной на Node.js [1], фреймворка Express.js [2].

Особое внимание уделено обработке проблем с кодировкой имён файлов при загрузке из разных операционных систем: реализован многоуровневый алгоритм перекодировки (utf8, win1251, cp1251 и др.) с последующей санитизацией имени и генерацией уникального системного имени. Это позволило исключить ошибки сохранения и отображения кириллических названий работ.

Разработанная система обеспечивает:

- повышение удобства регистрации (поддержка дополнительных соавторов);
- автоматизацию организационных процессов оргкомитета;
- снижение нагрузки на технического секретаря;
- высокий уровень безопасности (JWT, ролевая модель доступа, хеширование паролей);
- минимизирует ошибки связанные с человеческим фактором.

Литература

- 1 Node.js: [site]. – URL: <https://nodejs.org/>. (date of access: 07.02.2026.
- 2 Express: [site]. – URL: <https://expressjs.com/>. (date of access: 07.02.2026.

А. А. Сакович

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ НОУТБУКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Современный рынок компьютерной техники характеризуется быстрым обновлением моделей и сложной сегментацией. Определение оптимальной стоимости устройства на основе технических характеристик является трудоёмкой задачей. Традиционные методы оценки не учитывают нелинейные зависимости между мощностью компонентов и итоговой ценой. Поэтому разработка интеллектуальных систем автоматизированного прогнозирования цен является актуальной задачей, позволяющей оптимизировать процессы ценообразования.

Цель исследования – создание нейросетевой модели для прогнозирования стоимости ноутбуков ASUS на основе их аппаратных характеристик. Проект ориентирован на аналитиков ИТ-сектора, менеджеров по продажам и специалистов по закупкам, заинтересованных в автоматизации оценки рыночной стоимости устройств.

Информационной базой стали данные белорусского портала shop.by. Выборка включала актуальные модели ноутбуков ASUS, описанные по 15 признакам: серия и параметры процессора, видеокарта, объём оперативной памяти, характеристики матрицы и другие. Для решения задачи спроектирована полносвязная нейронная сеть с использованием библиотек TensorFlow и Keras. Применялись функция активации ReLU и слой Dropout. Модель показала высокую точность: коэффициент детерминации – 0,9331, средняя абсолютная ошибка – 415 белорусских рублей. Разработанный на базе ipywidgets интерфейс позволяет вводить параметры устройства и мгновенно получать прогноз стоимости.

Практическая значимость работы заключается в возможности интеграции алгоритма в бизнес-процессы интернет-магазинов. Тестирование подтвердило точность модели при изменении характеристик. Основной проблемой остаётся зависимость прогноза от актуальности данных, поскольку цены зависят от курсов валют и наличия комплектующих. В будущем модель может быть адаптирована для других брендов и расширена за счёт использования более крупных выборок.

М. А. Самусик, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ПЛАТЁЖНЫХ СЕРВИСОВ В CRM-СИСТЕМУ

В условиях растущей цифровизации бизнеса интеграция платёжных сервисов непосредственно в CRM-систему является актуальной задачей.

Разработанное программное средство для интеграции платёжных сервисов реализовано на основе стека FastAPI, PostgreSQL, Vue.js и TypeScript с интеграцией платёжного сервиса Stripe. Выбор данного стека обусловлен высокой производительностью FastAPI при обработке асинхронных запросов, надёжностью PostgreSQL как реляционной базы данных, а также удобством Vue.js и TypeScript для построения интерактивного пользовательского интерфейса с чёткой типизацией.

Программное средство предоставляет два уровня доступа – для клиента и для администратора, каждый из которых имеет собственный набор страниц и функциональных возможностей.

Клиенту доступны страница выбора тарифного пакета, где он может ознакомиться с условиями доступных подписок, страница оформления и подтверждения оплаты, а также страницы с результатом транзакции – успешным или неуспешным. Помимо этого, клиент может просматривать список своих активных подписок и самостоятельно отменять их без обращения к администратору. Для решения возникающих вопросов предусмотрен встроенный чат поддержки.

Административная часть программного средства ориентирована на полный контроль над платёжными процессами. Администратор имеет доступ к сводной странице всех транзакций с детальной информацией о каждом платеже и связанном с ним клиенте, что существенно упрощает финансовый мониторинг. Отдельная страница позволяет редактировать, менять или удалять подписки конкретных пользователей вручную, например, в случае технических сбоев или индивидуальных договорённостей с клиентом. Чат поддержки на стороне администратора реализован с возможностью выбора нужного клиента из списка, что делает коммуникацию удобной даже при большом числе обращений.

Я. А. Станевская

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Управление качеством обучения в образовательных организациях основывается на анализе показателей успеваемости и посещаемости обучающихся. От полноты и своевременности обработки этих данных зависит эффективность управленческих решений, направленных на предупреждение академической неуспеваемости. При отсутствии единой цифровой системы информация чаще всего обрабатывается несистемно, снижая оперативность реагирования на негативные изменения.

Традиционная практика учета образовательных результатов ориентирована преимущественно на фиксацию фактов, а не на системный мониторинг. Анализ проводится по итогам отчетных периодов, что формирует запаздывающий характер управленческого реагирования. В таких условиях корректирующие меры принимаются уже после появления устойчивых проблемы, а не на этапе их зарождения и формирования.

Применение информационных технологий позволяет реализовать системный мониторинг ключевых показателей образовательного процесса. Поддержка управленческого решения может быть представлена в виде последовательности этапов:

- 1) сбор и структурирование первичных данных об оценках и посещаемости;
- 2) агрегирование показателей по обучающимся и учебным группам;
- 3) формирование интегральных индикаторов академической успешности;
- 4) классификация обучающихся по уровням риска;
- 5) принятие корректирующих управленческих мер.

Применение информационных технологий в системе управления образовательной организацией обеспечивает переход от фиксации результатов к аналитическому мониторингу, повышает обоснованность управленческих решений и способствует улучшению образовательных показателей.

П. С. Точилкин, И. В. Близнец
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН PULSAR»

Разработка web-приложения – одно из наиболее популярных направлений в программировании современного времени. Интернет-магазин PULSAR представляет собой стандартный скелет часто встречаемых web-ресурсов, в котором хранится информация о самом магазине, о пользователях, о товарах, при использовании подключённых баз данных.

При разработке приложения использованы следующие технологии:

- язык гипертекстовой разметки HTML5, Язык стилей CSS 3;
- язык программирования JavaScript;
- фреймворк Django.

Интернет-магазин Pulsar – это сервис, связанный с продажей техники, реализация которого обеспечивает современный адаптивный интерфейс как для пользователей, так и администраторов. Применение HTML5 и CSS3 позволяет создать удобное для восприятия пользователя интернет-приложение. С помощью JavaScript реализованы различные функции: мгновенное обновление корзины, фильтрация каталога, проверка данных в формах, что повышает качество в взаимодействии с магазином PULSAR. На основе Django строится фундамент работы магазина: организовано хранение данных о товарах, пользователях и заказах, реализованы процессы оформления покупок и защищённое управление контентом через административную панель. Данный фреймворк содержит набор инструментов и функций, для создания масштабных проектов как для учебных, так и коммерческих целей.

Основные реализованные функции:

- работа с базой данных;
- просмотр отдельных страниц пользователей;
- разделение пользователей по ролям;
- перемещение при помощи навигационного объекта HTML;
- демонстрация работы Python в Web-разработках.

А. А. Ушаков, М. А. Писпанен
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЫНКА ТРУДА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЗАРАБОТНЫХ ПЛАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIG DATA

Динамичное развитие IT-отрасли и высокая волатильность рынка труда требуют наличия эффективных инструментов для объективной оценки стоимости компетенций специалистов. Доступные платформы по поиску работы (hh.ru) предоставляют преимущественно сырую, агрегированную информацию, не позволяя соискателям получить точный прогноз заработной платы на основе их уникального набора навыков.

Создание аналитической веб-системы позволяет автоматизировать сбор данных, выявление скрытых рыночных закономерностей и формирование персонализированных финансовых прогнозов.

Бэкенд системы построен на базе языка Python 3.11 [1] с использованием фреймворка FastAPI. Персистентность агрегированных данных реализована посредством СУБД PostgreSQL в связке с ORM SQLAlchemy. Клиентская часть разработана с применением фреймворка Streamlit.

Функционал системы охватывает сбор данных через открытые API-интерфейсы. Обработка массивов данных реализована с помощью библиотеки Pandas и включает в себя очистку датасетов от аномалий, обработку пропусков и лемматизацию текстовых описаний вакансий методами NLP для извлечения ключевых навыков.

Ядром сервиса является модель машинного обучения на базе алгоритма случайного леса из библиотеки Scikit-Learn. Алгоритм анализирует введенный пользователем стек технологий, опыт работы и регион, вычисляя прогнозируемую заработную плату.

Дополнительно в веб-приложении формируются интерактивные аналитические отчеты: сводная статистика востребованности языков программирования, распределение зарплатных вилок в зависимости от квалификации (Junior, Middle, Senior).

Литература

1 Маккинни, У. Python и анализ данных: пер. с англ. А. А. Слинкина / У. Маккинни. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 540 с.

Д. А. Филипенко, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА КРИПТОВАЛЮТ

В последние годы криптоиндустрия демонстрирует стремительный рост и трансформацию финансового рынка. Появление таких криптовалют, как Bitcoin и Ethereum, способствовало развитию децентрализованных технологий и формированию нового цифрового экономического пространства. Растет количество пользователей, инвесторов и компаний, взаимодействующих с цифровыми активами.

В условиях высокой волатильности криптовалютного рынка особую значимость приобретает оперативный анализ данных, мониторинг рыночных показателей и визуализация статистики. Большинство существующих решений либо обладают узкой специализацией, либо требуют использования нескольких сервисов одновременно. Поэтому разработка многофункционального web-приложения, объединяющего инструменты анализа криптоиндустрии в единой системе, является актуальной задачей.

Разработанное нами приложение сочетает в себе информационную, аналитическую и прогностическую ценность, предоставляя пользователям возможность принимать обоснованные инвестиционные решения. Проект имеет потенциал для дальнейшего развития, включая добавление новых аналитических функций, улучшение адаптивности интерфейса и расширение списка поддерживаемых криптовалют.

Приложение может быть использовано как начинающими, так и опытными инвесторами, а также служить основой для создания более сложных финансовых инструментов в будущем.

А. И. Филон
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГ РАБОТЫ СЕРДЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32

В докладе рассматривается разработка аппаратно-программного комплекса кардиографа, предназначенного для регистрации, передачи

и анализа данных сердечной деятельности человека. Проект ориентирован на применение современных микроконтроллерных и сетевых технологий и может использоваться в учебных, исследовательских и прикладных целях, связанных с мониторингом состояния сердечно-сосудистой системы.

В основе аппаратной части системы используется микроконтроллер **ESP-WROOM-32 (ESP32)**, обладающий встроенными модулями Wi-Fi и Bluetooth [1,2], а также специализированный аналоговый модуль **AD8232**, предназначенный для съёма электрокардиографического сигнала. Датчик позволяет регистрировать биоэлектрические сигналы сердца с поверхности тела [3] и передавать их на микроконтроллер для дальнейшей цифровой обработки.

Программная часть проекта обеспечивает сбор данных с высокой частотой дискретизации, что позволяет получать до нескольких сотен тысяч измерений в сутки для одного пользователя. Полученные данные включают информацию о времени измерения и амплитуде сигнала сердечных сокращений. Для повышения качества измерений предусматривается предварительная обработка сигнала, направленная на снижение уровня шумов и искажений [4].

Литература

- 1 Соловьёв, В. В. Микроконтроллеры и встраиваемые системы / В. В. Соловьёв, А. Н. Мартынов. – М., 2020. – 384 с.
- 2 Кравцов, И. А. Микроконтроллеры ESP32 и ESP8266 / И. А. Кравцов. – СПб.: Питер, 2021. – 320 с.
- 3 Кузнецов, А. В. Биомедицинские измерения и датчики / А. В. Кузнецов. – М., 2019. – 256 с.
- 4 Романов, Н. П. Цифровая обработка биомедицинских сигналов / Н. П. Романов. – М., 2018. – 240 с.

И. А. Фролова, Е. А. Левчук
(БГУ, Минск)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРЕДИТНЫМИ ЗАЯВКАМИ И АНАЛИТИКОЙ ДЛЯ БАНКОВСКОГО ПЕРСОНАЛА

В настоящее время услуги кредитования широко распространены и используются населением для решения различных финансовых задач.

С увеличением масштаба процесса и количества участников возрастает сложность его управления. Разрабатываемая система призвана решить данную проблему и представляет собой кредитный конвейер. Она обеспечивает автоматизированный подбор подходящего кредитного предложения для клиента, формирование заявки и её передачу на дальнейшую обработку банковскому персоналу. На стороне банка система предоставляет удобный интерфейс для работы с поступившими заявками.

Подсистема обработки заявок реализует разграничение прав доступа между администратором и обычным сотрудником. Последнему доступен список заявок, уже проанализированных системой, в которых отображается вся информация, введённая клиентом (персональные данные, контактные данные, имущество, выбранное кредитное предложение, поручителя и т.д.), а также результат анализа этих данных (оценку рисков, предполагаемую прибыль, динамику платежей и кредитоспособность клиента). Администратору доступны все вышеперечисленные данные, а также расширенная статистика по ним.

Бизнес-логика микросервисов реализована на языке Java 17 с использованием фреймворка Spring Boot. Для хранения данных используется реляционная СУБД PostgreSQL. Клиентский веб-интерфейс для сотрудников банка построен с использованием современного фреймворка React с языком TypeScript, что обеспечивает создание надёжного, отзывчивого и поддерживаемого фронтенда со строгой типизацией. Взаимодействие между сервисами организовано через REST API и асинхронные сообщения на основе Apache Kafka.

Таким образом, разработка и внедрение подобной системы позволяет сократить время обработки кредитных заявок, снизить нагрузку на банковский персонал и повысить качество принимаемых решений за счёт автоматизированной аналитики.

Ю. В. Хваль

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РЮКЗАКЕ ДЛЯ СИСТЕМ БРОНИРОВАНИЯ

В системах бронирования ресурсов основная задача по оптимизации распределения ограниченного набора объектов между поступающими заявками с учётом их приоритета. Требуется выбрать подмножество заявок,

обеспечивающее максимальное удовлетворение критериям и отвечающим принципам приоритетности заявок. Для этого предлагается использование модифицированного алгоритма решения задачи о рюкзаке.

Пусть имеется множество ресурсов $R = \{1, \dots, n\}$ с вместимостью $c_i > 0$. Множество заявок $Q = \{1, \dots, m\}$. Каждая заявка q характеризуется приоритетом $\pi_q \in \{1, \dots, K\}$ (где 1 – наивысший приоритет) и набором атрибутов (пол, страна происхождения, специальность, пожелания). Введём переменные $x_{qr} \in \{0, 1\}$, где $x_{qr} = 1$ означает, что заявка q назначена на ресурс r . [1] Тогда задача:

$$\sum_{q=1}^m \sum_{r=1}^n W(\pi_q) x_{qr}$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m x_{qr} \leq c_r, \quad \sum_{r=1}^n x_{qr} \leq 1$$

Здесь $w(\pi)$ – вес приоритета

Для обработки данных предлагается жадный алгоритм: заявки сортируются по убыванию приоритета; заявка назначается на первый ресурс с достаточным свободным местом и соблюдением ограничений. При невозможности назначения (например, из-за квот) заявка отклоняется.

Литература

1 Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.

Я. П. Ходанович

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ «МАГАЗИН ИГРУШЕК»

В условиях цифровизации экономики и роста рынка электронной коммерции особую актуальность приобретает создание доступных, функциональных и удобных онлайн-платформ для розничной торговли. Одной из востребованных ниш является продажа детских

товаров и игрушек. Несмотря на наличие готовых решений для электронной коммерции, более целесообразным представляется создание собственного решения с использованием современных и доступных технологий веб-разработки.

Основной проблемой при разработке веб-приложения «Магазин игрушек» являлась необходимость реализации полного цикла электронной коммерции. Это потребовало интеграции фронтенд- и бэк-енд-компонентов, организации хранения данных, обеспечения безопасности и создания удобного пользовательского интерфейса, адаптированного для различных устройств.

В качестве технологического стека для реализации проекта были выбраны Python с микрофреймворком Flask для серверной части, SQLAlchemy для работы с базой данных, а также HTML5, CSS3 и JavaScript для клиентской стороны. Flask обеспечил гибкость и простоту разработки, позволяя поэтапно наращивать функционал приложения. SQLite имеет преимущества как легковесная СУБД, идеально подходящая для прототипирования и учебных проектов. Фронтенд реализован с применением современных CSS-методик, включая Flexbox для адаптивной вёрстки, а интерактивность обеспечена за счёт нативного JavaScript и AJAX-запросов.

Разработанное веб-приложение включает следующие ключевые модули: интерактивный каталог товаров с фильтрацией, динамическую корзину покупок с возможностью добавления, удаления и изменения количества товаров, форму обратной связи с сохранением данных в базе, систему управления пользовательскими сессиями для авторизации и хранения состояния корзины. Взаимодействие между клиентской и серверной частями организовано через REST-подобные маршруты и AJAX, что позволяет обновлять интерфейс без перезагрузки страницы.

С. А. Цитович, П. В. Бычков
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО КОНТРОЛЮ И УЧЁТУ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ

Серверная часть системы реализована на языке Java и отвечает за обработку бизнес-логики, взаимодействие с базой данных и обеспечение

безопасного доступа к данным. Архитектурно приложение построено по принципу разделения слоёв: слой представления (web-интерфейс), слой бизнес-логики (серверная часть) и слой данных (MS SQL Server).

В качестве основы серверной части используется Java Servlets/JSP. Серверная часть реализует набор контроллеров, которые принимают HTTP-запросы от клиента, обрабатывают их и формируют ответы в виде HTML-страниц или JSON-данных. Взаимодействие с базой данных осуществляется через JDBC. Для этого создаются классы-репозитории, которые инкапсулируют SQL-запросы и операции с таблицами: выборка, вставка, обновление и удаление данных. Серверная часть также отвечает за валидацию данных, поступающих от клиента. Кроме того, она реализует обработку типичных сценариев работы: регистрация и изменение товаров, проведение складских операций (приход, расход). Веб-приложение предоставляет пользователям широкий набор функций для управления складской базой данных, при этом доступ к функциям зависит от роли пользователя. Система позволяет добавлять новые товары, редактировать существующие записи и при необходимости удалять устаревшие позиции. Для каждого товара хранится набор данных, обозначающих его характеристики. Реализован поиск и фильтрация по различным параметрам, что облегчает работу с большим объёмом данных.

Особое внимание уделено реализации многоуровневого доступа. На серверной стороне реализованы механизмы аутентификации и авторизации пользователей. Для администратора доступен функционал создания, редактирования и блокировки учётных записей пользователей. Каждому пользователю назначается роль, определяющая его права: администратор – полный доступ к настройкам; менеджер – работа с товарами; оператор – ограниченный доступ.

М. Е. Шестаков

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8» КАК ПРИМЕР ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В СФЕРЕ ИТ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

После 2020 года, из-за введенных странами Запада санкций многие зарубежные программы и программные комплексы на территории Республики Беларусь перестали обслуживаться.

Таким образом, возникает потребность импортозамещения в сфере компьютерных информационных технологий. На мой взгляд, наиболее зарекомендовавшим себя на отечественном пространстве является программный комплекс «1С: Предприятие». На данной платформе успешно реализованы базовые модули для сферы торговли, бюджетных организаций и промышленных предприятий.

Стандартная конфигурация «1С» представлена на рисунке 1 [1].

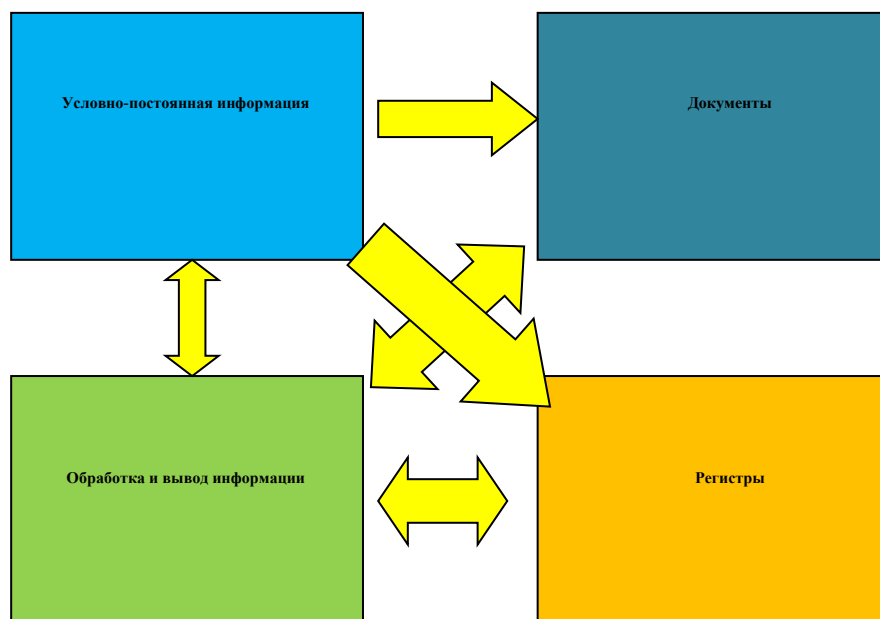


Рисунок 1 – Стандартная конфигурация «1С: Предприятие»

Если расшифровать рисунок 1, получим следующее. На основе введенной условно-постоянной информации заполняются документы. После их проведения необходимые данные оказываются в регистрах, из которых, в свою очередь, отбираются для составления отчетов. Схема очень проста и в то же время эффективна.

Таким образом, в эпоху глобальных вызовов и санкций следует ориентироваться на отечественные разработки и разработки дружественных государств. Вышеотмеченный программный комплекс не является единственным в своем роде (ERP-системы «Парус», «Галактика», «IsFusion», «Контур» и др.).

Литература

1 Объекты конфигурации 1С: Предприятия 8: [сайт]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/2579/hdoc> (дата обращения 21.02.2026).

Д. С. Шиша
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОНБОРДИНГА ДЛЯ НОВЫХ СОТРУДНИКОВ В ИТ-КОМПАНИЯХ

Онбординг в широком смысле определяется как процесс ознакомления (нового) сотрудника с политикой организации, корпоративной культурой, своей ролью в компании.

Зачастую данный процесс состоит из нескольких этапов, представляющих совокупность различных задач (рисунок 1), каждая из которых направлена на улучшение и ускорение адаптации сотрудника на новом рабочем месте, а также его удержание в компании.

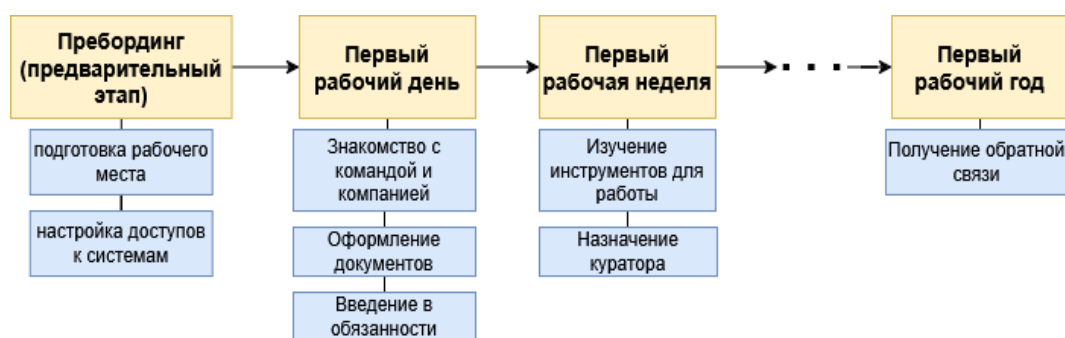


Рисунок 1 – Пример процесса онбординга новых сотрудников

Основные функциональные требования, предъявляемые к АИС – гибкость настройки этапов и задач, настраиваемая ролевая модель, агрегирование и обработка информации. При этом АИС должна соответствовать следующим нефункциональным требованиям: открытый интерфейс взаимодействия со сторонними ПО, безотказность работы в не менее чем 99,9 % времени, безопасность передачи данных, соответствующая стандартам кодовая база [1].

Автоматизация процесса онбординга позволит снизить затраты на человеческие и материальные ресурсы, уменьшить текучесть кадров за счёт большей вовлечённости, быстрее выйти сотруднику на продуктивный уровень работы.

Литература

1 Вигерс, К. Разработка требований к программному обеспечению / К. Вигерс, Дж. Битти. – 3-е изд. – Спб.: БХВ-Петербург, 2014. – 737 с.

А. А. Школьников, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «ЛИЧНЫЙ ФИНАНСОВЫЙ КОШЕЛЕК»

В современных условиях эффективное управление личными финансами становится важным навыком для достижения финансовой стабильности. Растущая популярность цифровых инструментов делает востребованными удобные и безопасные приложения для учёта доходов, расходов и планирования бюджета.

Нами разработано web-приложение «Личный финансовый кошелек» на базе фреймворка Spring Boot, предназначенное для ведения личного финансового учёта и получения аналитики.

Приложение реализовано с использованием классической MVC-архитектуры, фреймворка Hibernate для работы с базой данных и фреймворка Spring Security для аутентификации и авторизации (BCrypt-хеширование паролей, полная изоляция данных пользователей). Основной функционал разработанного приложения включает:

- регистрацию и безопасный вход;
- управление категориями доходов и расходов (предустановленные и пользовательские);
- учёт операций (сумма, дата, категория, описание, тип (доход/расход));
- установку и контроль месячного бюджета с отображением остатка и предупреждениями о превышении;
- поиск, фильтрацию и сортировку операций по множеству критериев;
- формирование отчётов: баланс, структура доходов/расходов, распределение трат по категориям;
- базовую визуализацию данных (таблицы, текстовые сводки, опционально простые графики).

Приложение представляет собой законченный, безопасный и расширяемый web-инструмент, позволяющий пользователям удобно вести учёт финансов, планировать бюджет и анализировать свои денежные потоки. Архитектура соответствует принципам SOLID и легко допускает дальнейшее развитие (добавление семейного бюджета, экспорта данных, уведомлений и др.).

К. В. Шумель
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

МЕТОДЫ ОТЛИЧИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Генеративные модели достигли к 2026 году уровня фотореализма, при котором синтетические изображения практически неотличимы от реальных фотографий. Это порождает качественно новые угрозы: распространение дезинформации через deepfake-материалы, подделку криминалистических доказательств, массовые манипуляции общественным мнением и нарушения авторских прав.

Традиционные методы визуальной экспертизы в этих условиях фактически утрачивают надёжность: грубые артефакты ранних генеративных моделей исчезли, уступив место тонким статистическим следам, невидимым без специализированного анализа. Именно это обуславливает необходимость систематического изучения и разработки автоматизированных инструментов детекции синтетического визуального контента.

Предлагаемый подход основан на трёх устойчивых классах признаков, которые современные генеративные модели не могут полностью подделать. Это сенсорный шум PRNU – уникальный «отпечаток» матрицы реальной камеры, отсутствующий в синтетических изображениях, спектральные артефакты: в частотной области (FFT/DCT) синтетические изображения демонстрируют характерные периодические пики, сниженная энтропия однородных областей.

На основе данных признаков разрабатывается веб-сервис с ансамблевой архитектурой детекции. Каждое загруженное изображение анализируется несколькими независимыми модулями: частотным анализатором на базе SRM-фильтров, энтропийным детектором и нейросетевым классификатором. При согласии большинства модулей изображение относится к категории «Реальное» или «Сгенерированное ИИ»; при противоречивых результатах – в категорию «Неопределённое» для ручной проверки.

Сервис может применяться для верификации визуальных доказательств в ходе расследований, в области модерации контента, в первичной экспертизе изображений без необходимости развёртывания сложных академических систем.

В. В. Янукевич
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАРКЕТПЛЕЙСА

В условиях высокой конкуренции на рынке электронной коммерции рекомендательные системы становятся ключевым инструментом для удержания внимания покупателей и увеличения продаж. Однако классические подходы (коллаборативная и контентная фильтрация) обладают рядом недостатков, таких как проблема «холодного старта» для новых товаров и разреженность данных.

Целью данной работы является разработка гибридной рекомендательной системы, которая нивелирует недостатки отдельных методов и повышает точность предсказаний для маркетплейса. В основе разрабатываемой системы лежит архитектура, объединяющая три уровня фильтрации. На первом этапе производится контентная фильтрация: каждый товар представляется в виде векторного признакового пространства (категория, цена, бренд, текстовое описание).

На втором этапе применяется коллаборативная фильтрация на основе метода матричной факторизации (SVD), которая анализирует историю взаимодействий пользователя с товарами (просмотры, покупки). Третий, гибридный уровень, представляет собой ансамбль моделей, где итоговая рекомендация формируется с помощью мета-алгоритма (стекинг), обучающегося на выходных данных первых двух уровней и дополнительных признаках (популярность товара, сезонность). Реализация системы выполнена на языке Python с использованием библиотек Surprise, Scikit-learn и FastAPI для интеграции в веб-приложение.

Разработанная система интегрирована в виде микросервиса, который по REST-запросу возвращает пользователю персонализированную выдачу товаров. Практическая значимость работы заключается в создании готового к внедрению инструмента, позволяющего маркетплейсам повысить пользовательский опыт и, как следствие, конверсию. В дальнейшем планируется усложнение гибридной архитектуры за счет использования глубоких нейронных сетей для анализа последовательностей действий пользователя.

N. A. Ivanovich
(*BNTU, Minsk*)

PERSONNEL INFORMATIONAL HYGIENE AS A WAY OF REDUCING ORGANIZATION'S COSTS

В статье рассмотрена проблема повсеместного использования информационных технологий с уделением недостаточного внимания менеджерами и руководителями фирм в отношении информационной «гигиены» своего персонала, что в итоге негативно сказывается на бюджете организации.

Informational Technologies are finding their widespread use in activity of any businesses, providing tools to optimize many processes. Although the implementation and usage of these technologies is mandatory in current realities, it can also bring companies serious losses.

The basis of 50% of hack attacks all around the world is the human factor: personnel follow the untrusted links, set weak passwords for work accounts and ignore the two-factor authentication, that's available in almost all of the current services, thereby leaving the doors into their accounts, and through them into databases of clients' data, wide open for criminals [1].

Due to hacker attacks many companies world-wide that work in finance, manufacturing, technological and other sectors, lost 10,29 trillion dollars in total in 2025 year. And that's not to mention serious losses in client base [1].

For instance, «SimonMed» – one of the largest private companies, providing medical services on the territory of the USA, – suffered a major data breach in November 2025. A group of criminals stole data of 1,27 million patients that included: names, addresses, health insurance and other information, and posted parts of it on dark net [2].

As a result, it can be said that timely consideration of actual informational security problems and training staff in the so-called “hygiene” of using the World Wide Web and personal data management can significantly cut further costs and reputational losses of almost any organization.

Literature

1 83 Cybersecurity Statistics 2026 (Worldwide Data & Trends): [site]. – URL: <https://www.demandsage.com/cybersecurity-statistics/>. (date of access: 12.02.2026).

2 SimonMed Data Breach Exposes 1.2 Million Patients Sensitive Information: [site]. – URL: <https://cybersecuritynews.com/simonmed-data-breach-exposes/>. (date of access: 13.02.2026).

A. M. Kilolo, E. V. Komrakova
(*Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel*)

APPLICATION FOR AUTOMATION OF MENU CREATION TAKING INTO ACCOUNT INDIVIDUAL NEEDS

Современный ритм жизни часто оставляет мало времени на планирование питания. При этом все больше людей стремятся к осознанному подходу к своему рациону, учитывая диетические ограничения, вкусовые предпочтения и цели (например, похудение, набор мышечной массы). Создание приложения, которое автоматизирует процесс составления меню на основе имеющейся базы рецептов и индивидуальных параметров пользователя, является актуальной и востребованной задачей.

Today's fast-paced lifestyle often leaves little time for meal planning. At the same time, more and more people are seeking a mindful approach to their diet, taking into account dietary restrictions, taste preferences, and goals (e.g., weight loss, muscle gain). Developing an app that automates the menu planning process based on an existing recipe database and the user's personal preferences is a relevant and in-demand task.

The user profile collects information about them: age, gender, activity level, goals (weight loss, weight maintenance, weight gain); dietary restrictions (allergies, intolerances, vegetarianism, veganism, etc.); and taste preferences (favorite/disliked foods, types of cuisine).

Next, the menu creation algorithm takes over. It intelligently selects recipes based on the user's profile and preferences, ensuring a balanced diet of macro- and micronutrients.

The menu application was developed using the Microsoft .NET platform and the C# programming language, renowned for their reliability and security. The user interface was built with the React.js JavaScript library, which enables the creation of interactive web and application

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

interfaces. The database utilizes SQL Server, with EF Core serving as the ORM, while the backend operates as a microservice that communicates via RabbitMQ.

A personalized menu planning app has enormous potential to improve users' lives by helping them eat more mindfully, diversified, and healthy. Successful implementation of such a project requires a deep understanding of the target audience's needs, well-thought-out functionality, and high-quality technical implementation.

Literature

1 Richter, D. CLR via C#. Programming on the Microsoft .NET Framework 4.5 in C# 4th edition / D. Richter. 2021 – 896 p.

Li Mingxuan

(Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno)

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR A CHINESE MEDICINE OFFICE

Данная работа посвящена разработке веб-приложения, автоматизирующего управление клиникой китайской медицины. В результате были реализованы основные модули приложения, такие как управление пользователями, запись на прием, сбор информации о препаратах и визитах.

This study develops a new set of server and front-end components for Chinese medicine office management application based on Web technology. Integrate core functional modules such as user management, doctor scheduling, and appointment.

At the first stage, existing applications used by Chinese medicine hospitals were analyzed. Next, the basic requirements for software development were defined. The second stage involved designing user interactions and database structure.

In the third phase, we chose the technologies for the web application. The backend uses ThinkPHP 8. We follow the MVC structure to keep the code clear. We use ThinkORM and some direct database queries for key CRUD functions. To store data, we use MySQL. The frontend uses HTML, CSS, and JavaScript. We use AJAX for partial page updates to make the system faster to use. The system runs on Windows with WampServer

(Apache + PHP + MySQL). We use the `public/` entry and URL rewrite for clean routing. We also use two middleware layers: login check and role-based access control.

The developed application provides the following feature set:

- *patients* can book appointments online, receive online consultations, and view information from their medical records;
- *doctors* can moderate their schedule, provide online consultations, view and edit medical records, and write prescriptions;
- *administrators* support the management of the entire system, i.e., they manage medicine inventories, doctor schedules, and patient and doctor accounts.

This web application aims to simplify the appointment process and medicine office administration. It has a clear and user-friendly interface and can improve service delivery and reduce long waiting times. Also it can help balance resource allocation in traditional Chinese medicine office management.

Li Zongxuan

(Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno)

DEVELOPMENT OF A STUDENT MANAGEMENT SYSTEM

Данная работа посвящена разработке веб-приложения, автоматизирующего управление учреждением образования. В результате были реализованы основные модули приложения, такие как управление пользователями, составление и просмотр учебных планов и расписания.

Against the backdrop of educational digital transformation, traditional management models face numerous challenges: data silos lead to poor information sharing, manual operations are inefficient, and existing systems lack intelligent analysis capabilities. The purpose of the work is to develop a fully-functional, secure, and user-friendly web-application for educational institution that automates key academic and administrative operations.

The implemented software adopts a full-stack Java architecture based on Spring Boot. The backend uses Spring Boot and MyBatis-Plus, the database uses MySQL, and the frontend uses the Thymeleaf template engine and Bootstrap framework. This combination of technologies ensures the system's stability, maintainability, and development efficiency.

The system is designed for three types of user roles:

- *students* can query timetables and manage personal information;
- *teachers* can view timetables and manage personal information;
- *administrators* have full management rights, including user management, course management, scheduling, classroom and faculty/department management.

The database contains 8 core tables (course, classroom, location, faculty, class, teacher, student, curriculum), ensuring data consistency and integrity. A unified user authentication table is specially designed to associate login information with specific student and teacher information, laying the foundation for permission control.

The system was developed to streamline course enrollment and academic management. It features an intuitive interface that allows students and teachers to easily browse course catalogs, register for classes, and manage their academic schedules.

In the future, the system can be expanded in several aspects: developing mobile applications, integrating more advanced data analysis and AI functions, implementing more granular permission control, and deep integration with other school systems.

W. Liu

(Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno)

DEVELOPMENT OF FINANCIAL ERP-SYSTEM

Целью проекта является создание легковесной финансовой ERP-системы для оптимизации интегрированных процессов управления основными бизнес-операциями в малом и среднем бизнесе.

This project aims to address the pain points of high deployment costs and insufficient adaptability of ERP systems in the digital transformation of SMEs by building a lightweight and highly available financial ERP system to optimize the integrated management processes of core business operations.

Functional modules cover all core business processes of the enterprise, including user access control, human resources management,

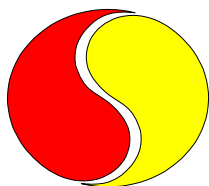
product management, procurement management, sales management, inventory management, financial management, and system management. Each module forms a closed business loop through clear modular design and database structure.

This web application, through deep collaboration between Python and the Django framework, achieves secure storage, efficient querying, and intelligent linkage of enterprise resource data. It combines HTML/CSS, JavaScript, and jQuery technologies to construct an intuitive and easy-to-use front-end and back-end interaction system, completing core functions such as user access control, full business module management, and data visualization.

A standardized data entry interface is developed based on Django's form mechanism. Efficient interaction with the database (MySQL) is achieved through Django ORM extensions. A hierarchical management system is built upon the RBAC (Restricted Access Control) mechanism, precisely assigning menu access and operation permissions based on roles.

The system offers flexible deployment, the development environment is compatible with multiple operating systems, while the production environment is adapted to Linux systems with an Nginx+Gunicorn/uWSGI architecture to separate static and media files. It can effectively standardize business processes for SMEs, improve management efficiency, and ensure data security.

Furthermore, it possesses good maintainability and scalability, and can evolve towards microservices, and containerization in the future.



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

М. С. Адашкевич

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИЗУАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В условиях современного производства обеспечение качества выпускаемой продукции является приоритетной задачей. Традиционные методы визуального контроля, основанные на ручном труде, отличаются высокой трудоемкостью, низкой скоростью и сильно подвержены влиянию человеческого фактора. В связи с этим автоматизация контроля на базе технологий компьютерного зрения становится крайне актуальной, позволяя существенно снизить экономические издержки предприятия.

Целью работы стала разработка программного комплекса для автоматизированной идентификации визуальных дефектов (микротрещин, сколов, царапин). Подход основан на применении сверточных нейронных сетей, способных автоматически извлекать иерархические признаки из графических данных, игнорируя аппаратные шумы и изменения освещенности, что обеспечивает высокую робастность системы в реальных условиях.

Основным методом решения задачи выступает архитектура одностадийных детекторов семейства YOLO с применением техники трансферного обучения. Процесс анализа включает предобработку изображений для повышения обобщающей способности модели. Затем нейросеть в реальном времени предсказывает ограничивающие рамки и класс обнаруженного дефекта.

Спроектирован и реализован исследовательский прототип системы контроля. В результате тестирования на общедоступных датасетах модель показала высокую точность классификации и локализации аномалий, что доказывает эффективность предложенного подхода при работе с ограниченными выборками данных.

Разработанные средства послужат базовым модулем для создания масштабируемой системы мониторинга качества на конвейерах. В перспективе планируется расширение перечня распознаваемых дефектов, оптимизация графа вычислений для ускорения инференса при обработке потокового видео.

А. В. Байко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗВЁРТЫВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФРИЛАНС-БИРЖИ НА ОСНОВЕ CI/CD

Современные веб-платформы, в том числе фриланс-биржи, требуют регулярного обновления. Ручное развёртывание приводит к ошибкам, простоям сервиса и высокой нагрузке на персонал. Цель работы – исследование эффективности внедрения CI/CD в программный комплекс фриланс-биржи для ускорения процессов и снижения нагрузки на команду.

Разработан конвейер развёртывания (рисунок 1) на базе GitHub Actions, включающий: фиксацию изменений в Git, запуск модульных и интеграционных тестов, сборку Docker-образа, развёртывание на staging-сервере и обновление продуктивной среды по стратегии rolling update [1]. При ошибке конвейер прерывается и уведомляет разработчика.



Рисунок 1 – Архитектура конвейера непрерывного развёртывания

Сравнение ручного и автоматизированного развёртывания на примере 30 релизов показало: ручное занимало 45–55 мин с участием специалиста, после внедрения CI/CD – 6–8 мин без участия персонала. Число инцидентов снизилось на 87 %, а тестирование выявляет до 94 % дефектов до попадания кода в продуктивную среду.

Таким образом, CI/CD-конвейер сокращает время выпуска обновлений в 7–8 раз, снижает число ошибок и позволяет команде сосредоточиться на развитии продукта. Результаты подтверждают, что автоматизация развёртывания является необходимым условием устойчивого развития веб-платформ [2].

Литература

- 1 Хамбл, Дж. Непрерывное развёртывание / Дж. Хамбл, Д. Фарли. – М.: Вильямс, 2017. – 432 с.
- 2 Моррис, К. Инфраструктура как код / К. Моррис. – СПб. : Питер, 2018. – 368 с.

А. М. Баранов, Ю. А. Андреев
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗАКРЫТОМ КОНТУРЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

Исполнительные органы ходовой части мобильной машины должны иметь возможность автоматического регулирования температуры, для поддержания оптимальной вязкости рабочей жидкости, стабильной работы и высокой эффективности. Особенностью гидростатической трансмиссии (рисунок 1) является замкнутая циркуляция рабочей жидкости и, как следствие, постоянный ее нагрев.

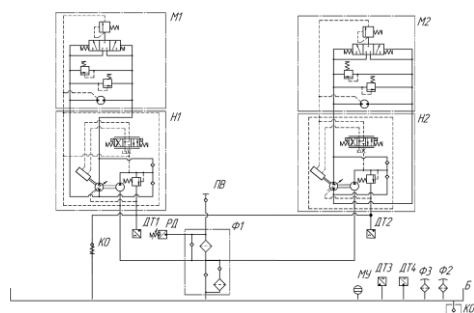


Рисунок 1 – Схема регулирования температуры в закрытом контуре

Для стабилизации температуры в рабочем диапазоне 65–75 °С устанавливают промывочные клапана в гидромоторах, которые постоянно сбрасывают до $\frac{1}{4}$ расхода жидкости в гидробак, откуда охлажденная жидкость насосами подпитки подается обратно в замкнутый контур трансмиссии [1]. Так же в гидросистеме устанавливаются датчики температуры, которые подают сигнал о перегреве и подключают в работу теплообменный аппарат.

Такие схемотехнические решения позволяют автоматически поддерживать температуру в закрытом контуре гидростатической трансмиссии на оптимальном уровне.

Литература

1 Проектирование гидравлических систем машин. Учебное пособие / Г. М. Иванов, С. А. Ермаков, Б.Л. Коробочкин, Р.М. Пасынков. – М.: Машиностроение, 1992. – 224 с.

Д. В. Бокая, В. В. Комраков
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ГРП НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АРМАТУРЫ

Газораспределительные пункты играют критическую роль в стабильной подаче газа, где надежность работы напрямую зависит от состояния редуccionной арматуры (регуляторы давления), предохранительной арматуры (предохранительно-сбросные клапаны) при их циклической работе и воздействия агрессивной среды. Традиционные методы диагностики, основанные на регламентных заменах и осмотре, не позволяют оценить их состояние в реальном времени, что актуализирует задачу внедрения современных средств мониторинга. Новизна заключается в разработке системы предсказательной аналитики на основе динамики изменения давления.

Главной целью исследования является создание прогнозной модели, классифицирующей состояние арматуры по категориям работоспособности с использованием методов машинного обучения. Программная реализация с алгоритмической поддержкой обеспечит сбор

данных, обучение и онлайн-обновление модели, прогнозирующей вероятность отказа, с учетом работы с несбалансированными данными и интерпретируемостью результатов для персонала.

Реализация подхода позволит перейти от реактивного обслуживания к проактивному управлению, снизив количество аварий и простоев ГРП за счёт планирования ремонта до возникновения критического состояния. Система спроектирована с учетом масштабируемости и возможности интеграции в существующую инфраструктуру. В перспективе модель может быть расширена за счет данных от других узлов регулятора, создав основу для комплексной системы оценки безопасности газораспределительного оборудования.

Проект демонстрирует перспективность применения машинного обучения в задачах промышленной безопасности. Сочетание непрерывного мониторинга и прогнозной аналитики создает надежную среду для эксплуатации, сохраняя стабильность подачи газа и позволяя операторам своевременно планировать ремонтные мероприятия, закладывая основу для интеллектуальных систем управления ресурсом критической инфраструктуры.

А. О. Васильев

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРИНЦИП «ВЕРИФИЦИРУЕМОГО ГИБРИДНОГО КОНТЕЙНЕРА» В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Современная наука о данных переживает онтологический кризис. Объемы информации достигли уровня, при котором традиционные методы анализа перестают быть эффективными без интеллектуализации. При этом наиболее мощные инструменты – большие языковые модели и глубокие нейросети – страдают системными недостатками: конфабуляцией, непрозрачностью, низкой воспроизводимостью [1].

Принцип «верифицируемого гибридного конвейера». Применяемый для анализа данных включает в себя два тезиса:

1 Переход от моно- к полиметодологии. Классическая парадигма требует выбора единственного «лучшего» алгоритма. Гибридная методология рассматривает анализ как конвейер, где на разных этапах применяются взаимодополняющие классы методов. Комбинирование

фильтрующих и оберточных методов отбора признаков дает системный выигрыш, недостижимый при использовании одного подхода.

2 Переход от предсказания к верификации. Традиционная оценка качества – метрики точности. В реальных приложениях (финансы, госуправление) критична прослеживаемость – возможность подтвердить каждый вывод исходными данными. Современные ВІ-платформы внедряют принцип «show your work»: AI выдает ответ с provenance-информацией, доступной для аудита.

Центральная гипотеза: технологический разрыв в анализе данных имеет не вычислительную, а методологическую природу. Мы создаем сложные модели, но мыслим о них как о пассивных инструментах, а не активных агентах познания.

Литература

1 Федоров, А. М. Метод интеграции больших языковых моделей в алгоритмы фокусированного мониторинга открытых данных социальных медиа. Информатика и автоматизация / А. М. Федоров, И. О. Датьев, И. Г. Вишняков // Artificial intelligence, knowledge and data engineering. – 2025, Т. 24, № 6, С. 1623–1648.

М. А. Гришкова, В. С. Закревская
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНДИТЕРСКОЙ «СЛАДКИЕ ТРАДИЦИИ»

Рост онлайн-заказов открывает малому кондитерскому бизнесу новые возможности. Традиционные способы приёма заявок (телефон, мессенджеры) ограничивают доступность, приводят к потере заказов и ошибкам. Веб-приложение позволяет автоматизировать продажи, повысить удобство клиентов и снизить нагрузку на владельца.

Разработан интернет-магазин для кондитерской «Сладкие традиции», предназначенный для заказов тортов, капкейков и пряников. Использованы HTML5 + CSS3 (адаптивный дизайн), JavaScript (динамика), PHP 8 (сервер), MySQL (база данных). Реализована интеграция с Telegram Bot API для мгновенных уведомлений администратору о новых заказах [1].

Приложение включает каталог с описаниями товаров, корзину, регистрацию и личный кабинет с историей заказов, форму оформления заказа с расчётом доставки и промокодами, а также административную панель для управления ассортиментом и статусами.

Решение помогает малому бизнесу перейти на цифровые продажи, минимизировать ручной труд, повысить точность данных и оперативность. Опыт создания адаптивных интерфейсов, баз данных и уведомлений в реальном времени применим для других направлений малого предпринимательства.

Литература

1 Введение в современную веб-разработку: HTML5, CSS3, JavaScript. MDN Web Docs: [сайт]. – URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn>. (дата обращения: 27.11.2025).

П. И. Дыба

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕНТЕСТА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Пентестирование представляет собой контролируруемую имитацию атак злоумышленника на информационную систему с целью выявления уязвимостей и оценки уровня защищенности. Ручной пентест требует высокого уровня квалификации и значительных временных затрат, что снижает его эффективность при регулярных проверках крупных инфраструктур.

В работе предлагается автоматизированный пайплайн пентеста на базе языка Python и открытых инструментов. Процесс разделен на стандартные этапы: разведка, сканирование, обнаружение уязвимостей, эксплуатация и отчетность.

На этапе разведки используются Amass и Subfinder для автоматического сбора данных о поддоменах и связанных активах. Сканирование сети выполняется Nmap с последующим парсингом результатов библиотекой python-nmap и сохранением в SQLite. Обнаружение уязвимостей реализовано через Nuclei (YAML-шаблоны CVE) и OWASP ZAP в headless-режиме для веб-приложений.

Эксплуатация автоматизирована с помощью Metasploit Framework через RPC-интерфейс: скрипт сопоставляет найденные уязвимости с доступными эксплойтами и запускает их в контролируемом режиме. Пост-эксплуатация включает сбор системной информации и генерацию отчета в HTML-формате с визуализацией рисков.

Применение разработанного пайплайна позволяет сократить время проведения полного пентеста в 3–5 раз по сравнению с ручным методом, повысить полноту покрытия и обеспечить воспроизводимость результатов. Автоматизация минимизирует влияние человеческого фактора и дает возможность проводить регулярные тесты безопасности в условиях растущего числа угроз.

Таким образом, предложенная система автоматизации процессов пентеста является эффективным инструментом для повышения защищенности информационных систем и соответствует современным требованиям к информационной безопасности.

Литература

1 Искусственный интеллект в пентестинге: автоматизация и будущее. Beagle Security: [сайт]. – URL: <https://beaglesecurity.com/blog/article/aipenetration-testing.html>. (дата обращения: 14.02.2026).

2 Penetration Testing of AI and LLM Systems. ArXiv: [site]. – URL: <https://arxiv.org/html/2501.13411v1>. (date of access: 14.02.2026).

Р. О. Езепенко

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ И СЕМАНТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В условиях перехода промышленной отрасли к концепции «Индустрии 4.0» возникают проблемы, связанные с избытком данных и дефицитом полезной информации. Это формирует проблему: как интегрировать разнородные данные в единую модель, способную к логическому выводу. Решением является онтологически-ориентированный подход, который моделирует сложные домены, представляя знания в виде графа, где узлы – это сущности, а ребра – отношения между ними [1]. В рамках данной работы реализован программный комплекс, ядром которого яв-

ляется онтологическая модель, описывающая производственные процессы. Архитектура приложения представляет собой модульную структуру, включающая три уровня: уровень данных, семантическое ядро и уровень представления. Уровень данных отвечает за подключение к внешним системам и преобразование данных в единый семантический формат. Семантическое ядро функционирует как пункт интеграции, где разнородные данные преобразуются в связанное знание, так и как система семантических правил, формализующих производственные знания. Уровнем представления является веб-интерфейс, который отображает состояние производственного оборудования. Благодаря внедрению онтологического подхода более 35 объектных свойств образуют сеть отношений между сущностями, описывая функциональные, производственные и причинно-следственные связи, а онтологическая модель выступает в качестве источника истины, предоставляя словарь терминов и правил. Резонер непрерывно анализирует поступающие данные, применяет *SWRL*-правила и обогащает граф знаний новыми фактами, что позволяет реализовывать сценарии предиктивного обслуживания.

Внедрение разработанного программного комплекса позволит промышленным предприятиям полностью решить задачу, связанную с преодолением семантической разобщенности данных.

Литература

1 Григорис, А. Семантический веб: практическое руководство / Г. Антониоу, П. Грос. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 241 с.

Г. А. Зайцев, В. В. Орлов
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЯВКАМИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ

Информационные технологии в настоящее время стали неотъемлемой частью деятельности организаций и активно внедряются в процессы управления. Автоматизация документооборота и заявочной деятельности позволяет значительно повысить эффективность работы подразделений, сократить время на выполнение рутинных операций и обеспечить прозрачность взаимодействия между сотрудниками.

Разработано веб-приложение, представляющее собой систему управления заявками. Приложение предназначено для оперативного управления и отслеживания статуса внутренних заявок организации.

Сервис обеспечивает управление жизненным циклом заявок: регистрацию, маршрутизацию по подразделениям, отслеживание статусов, администрирование базы данных и глубокую аналитику эффективности.

База данных заявок построена на основе MySQL и содержит сведения о пользователях, подразделениях и истории обработки. Для взаимодействия с другими системами предусмотрен API, обеспечивающий интеграцию и расширение функционала.

Приложение предусматривает систему контроля и статистики. По окончании обработки заявки пользователю предоставляется результат с указанием исполнителя, времени выполнения и комментариев. Это позволяет анализировать эффективность работы подразделений и выявлять проблемные места.

Приложение разработано с использованием технологий PHP, HTML, CSS. В качестве веб-сервера применяется Apache, а для локальной разработки используется среда Open Server Panel (OSPanel). Такое сочетание инструментов обеспечивает стабильную работу приложения, удобство сопровождения и возможность масштабирования.

Система заявок функционирует на различных версиях операционных систем семейства Windows и может быть адаптирована под потребности конкретной организации.

А. Е. Запольский

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОТИВОКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Обеспечение промышленной безопасности магистральных нефтепроводов неразрывно связано с эффективностью их антикоррозионной защиты. Анализ нормативных документов показал, что данная проблема регулируется несколькими ключевыми государственными стандартами – ГОСТ 9.602-2016, ГОСТ 31448-2012, СТБ ГОСТ Р 51164-2001, ГОСТ 32569-2013. При этом необходимо отметить, что эти нормативные документы имеют ряд системных противоречий и технических пробелов, требующих устранения и актуализации.

Основные выявленные недостатки: проблема нормативной преемственности; технологическое отставание требований к защитным материалам; отсутствие гарантий равномерного распределения защитного потенциала по поверхности большой протяженности; отсутствие требований по автоматической подстройке под постоянно изменяющиеся параметры эквивалентного контура протекания тока защиты; отсутствие критериев совместимости параметров электрохимической защиты с материалами трубопровода и его защитного покрытия.

На основании выявленных недостатков можно сделать заключение о том, что существующая нормативная база нуждается в актуализации. Актуализация отечественных стандартов представляет собой комплексную работу, включающую в себя:

1) приведение их в соответствии с международными стандартами ISO 21809, ISO 15589-1, устранение ссылок на устаревший ГОСТ 25812-83;

2) техническую ревизию с целью исключения низкоэффективных и устаревших защитных покрытий, а также внедрение метода дифференциации режимов работы электрохимической защиты с целью более точной её настройки;

3) введение в стандарты требований к цифровизации контроля.

Актуализация отечественных стандартов имеет перспективные цели повышения общей надежности трубопроводного транспорта и оптимизации режимов его функционирования.

А. Е. Запольский, Е. В. Дерябин
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ЦИФРОВАЯ КОРОТКОВОЛНОВАЯ РАДИОСВЯЗЬ ДЛЯ ТЕЛЕМЕТРИИ СТАНЦИЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

Современные системы электрохимической защиты (ЭХЗ) магистральных трубопроводов, для своего эффективного использования, требуют организации непрерывного мониторинга параметров.

В современных условиях каналы телеметрии реализованы с использованием сотовой связи. В качестве примера можно привести контрольно-измерительный пункт с передачей данных КИП5-4М LTE, выпускаемый в Республике Беларусь [1].

Критическим недостатком сотовой связи является зависимость от наличия инфраструктуры мобильного оператора в данном регионе и зависимость от расстояния между базовыми станциями. Стоит отметить, что карта маршрутов магистральных нефте- и газопроводов далеко не всегда совпадает с сетью устойчивого покрытия операторов сотовой связи. Кроме этого, временные периоды с пиковой нагрузкой на сеть могут также негативно сказаться на работе систем ЭХЗ: снизить эффективность их эксплуатации и потенциально повысить риск аварийных ситуаций.

Аварийный (дублирующий) канал связи может быть организован с помощью цифрового коротковолнового радиоканала, построенного на базе различных протоколов, обеспечивающих иррегулярные помехозащищенность и скорость передачи. При этом главным критерием является не быстродействие, а надёжность доставки информационного пакета [2]. Анализ диапазонов показывает, что для условий юга Беларуси перспективными является 40-метровый и 80-метровый диапазон для работы в ночное время.

Использование цифровой КВ-связи позволит решить проблему с телекоммуникационной структурой в удаленных и труднодоступных районах, организовать резервный или основной канал для телеметрии.

Литература

1 Катодная защита – Производство оборудования для ЭХЗ. Белстройремналадка: [сайт]. – URL: <https://belnaladka.com/>. (дата обращения: 01.02.2026).

2 Заморока, А. Н. Справочное пособие для начинающих коротковолновиков / А. Н. Заморока. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издание книг ком», 2020. – 402 с., ил.

К. В. Заяц

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ К АНАЛИЗУ

Порой, работая с большими объёмами информации, основная сложность заключается не в самом анализе, зачастую поручаемом мощным вычислительным системам и алгоритмам, а в предварительном,

трудоёмком и рутинном этапе подготовки «сырых» данных. Решение данной проблемы может крыться в применении таких эффективных инструментов на базе Excel, как Power Query и язык VBA.

Power Query – это технология подключения и подготовки данных от Microsoft, предназначенная для их импорта и редактирования. Сам инструмент представляет собой интуитивно понятный визуальный конструктор, который позволяет пользователям без глубоких технических знаний подключаться к различным источникам, выполнять очистку, фильтрацию, объединение таблиц и изменение структуры данных. Ключевая особенность Power Query заключается в автоматизации: все действия пользователя фиксируются в виде кода на языке M, что позволяет единожды настроить запрос и в дальнейшем обновлять данные нажатием одной кнопки. Например, для сбора информации из множества однотипных файлов создается запрос-образец, который затем превращается в функцию и применяется ко всем источникам, объединяя их в единую структурированную таблицу.

VBA – это язык программирования, встроенный в Microsoft, который позволяет автоматизировать практически любые действия и расширять стандартный функционал приложений. В отличие от Power Query, ориентированного на подготовку данных, VBA помогает создавать отчеты, строить графики, выполнять сложные последовательности операций и т.п. Проще всего начать работу с VBA через запись макросов – функция записывает действия пользователя и преобразует их в код, который затем можно доработать в редакторе Visual Basic, сделав программу более универсальной. Если освоить работу с VBA, он может стать незаменимым инструментом для автоматизации.

В заключение отметим, что решения, разработанные на базе рассмотренных инструментов, существенно сокращают временные затраты, минимизируют ошибки ручного ввода, повышают воспроизводимость и стандартизацию процессов подготовки данных.

Литература

- 1 Сергеев, Н. Power Query: учебное руководство: от новичка до уверенного бизнес-пользователя / Н. Сергеев. – М.: Ridero, 2024. – 236 с.
- 2 Комолова, Н. В. Программирование на VBA в Excel. Самоучитель / Н. В. Комолова, Е. С. Яковлева. – СПб.: БХВ-Петербург, 2024. – 512 с. – ISBN 978-5-9775-1892-5.

В. А. Какушкина, В. С. Закревская
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ АВИАКОМПАНИИ

Цель работы – создание базы данных и клиентского приложения для автоматизации процессов авиакомпаний.

В ходе исследования были проанализированы основные бизнес-процессы авиакомпании: управление рейсами, продажа билетов, учет воздушных судов, персонала и заправок. На основе анализа спроектирована реляционная база данных, состоящая из 10 взаимосвязанных таблиц, приведенных к третьей нормальной форме. Серверная часть реализована в MS SQL Server с использованием хранимых процедур, функций, представлений и 47 триггеров для обеспечения целостности данных. Теоретической основой для проектирования послужили материалы учебно-методического комплекса [1].

Клиентское приложение создано на языке Delphi с использованием технологии ADO. В приложении реализованы модуль авторизации, панель быстрого доступа к таблицам, встроенный SQL-редактор и система поиска (рисунок 1).

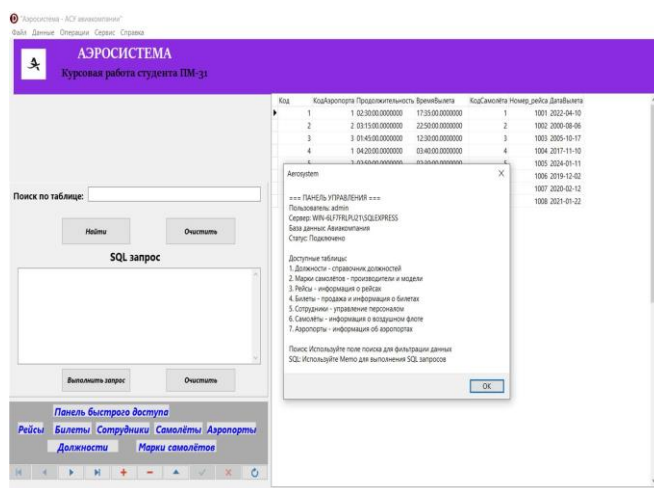


Рисунок 1 – Клиентское приложение (Подключение к БД)

Результаты тестирования показали ускорение выполнения операций в 3–5 раз и снижение количества ошибок ввода данных. Двух-уровневая система безопасности обеспечивает разграничение доступа для различных категорий пользователей.

Литература

1 Леванцов, В. Н. Базы и банки данных: электронный учебно-методический комплекс / В. Н. Леванцов, Е. Е. Пугачёва, Е. В. Рафалова. – Гл.: ГГУ имени Ф. Скорины, 2022. – 359 с.

В. Д. Клемятич, И. Л. Ковалева
(БНТУ, Минск)

ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТА СВАРОЧНОГО РОБОТА

В современном промышленном производстве активно применяются роботизированные комплексы для выполнения сварочных операций, что обеспечивает высокую точность и стабильность процессов. Однако традиционное ручное программирование траекторий роботов требует значительных временных затрат и не гарантирует оптимальности маршрута. Поэтому актуальной становится задача автоматизации проектирования траекторий с использованием алгоритмов оптимизации.

Задача оптимизации последовательности обхода точек сварки представляет собой модификацию классической задачи коммивояжёра с парными ограничениями. Разработка модуля оптимизации траекторий включает этап формализации задачи и выбора подходящих алгоритмов решения. Для задач с небольшим количеством элементов (до 12–15) применяется точный алгоритм динамического программирования, гарантирующий нахождение оптимального решения. Для больших размерностей используется эвристический подход на основе жадного алгоритма с последующей оптимизацией методом 2-opt. Алгоритм 2-opt является классическим методом локальной оптимизации для задачи коммивояжёра. Он позволяет учитывать специфику сварочных операций, где точки часто образуют пары – начало и конец сварного шва.

Однако в промышленных системах программирования роботов отсутствует доступный инструментарий автоматической оптимизации траекторий с учётом парных ограничений. Поэтому был разработан и применен программный модуль, позволяющий находить оптимальные решения для задач малой размерности и качественные приближённые решения для задач большой размерности.

Для разработки программного модуля был выбран язык программирования Python, для работы с данными использовалась библиотека pandas. Для визуализации траекторий был применён инструмент matplotlib, который позволяет отображать трёхмерные маршруты и анализировать результаты оптимизации. Разработанное программное обеспечение обеспечивает сокращение времени выполнения сварочных операций на 15–25 % по сравнению с традиционными подходами.

Н. С. Кольчев, И. Л. Стефановский
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО ЦЕХА

В условиях современного сталепроволочного производства надежный контроль качества продукции через регулярные лабораторные испытания имеет определяющее значение для обеспечения соответствия ГОСТам и конкурентоспособности предприятия. Традиционные методы регистрации результатов испытаний на бумажных носителях или в таблицах Excel сопровождаются значительными рисками: ошибки ручного ввода данных, потеря информации при передаче между подразделениями.

Разработанная информационная система (ИС) на базе реляционной базы данных MS SQL Server с веб-интерфейсом ASP.NET Core MVC обеспечивает полный цикл автоматизированной регистрации, хранения и анализа результатов лабораторных испытаний сталепроволочного цеха [1]. Взаимодействие компонентов организовано по принципам объектно-ориентированного проектирования с использованием Entity Framework Core для ORM и аутентификации через Microsoft Active Directory.

Модуль регистрации испытаний позволяет лаборанту за считанные минуты фиксировать результаты нескольких проб с автоматической проверкой на превышение допустимых пределов и уведомлением о критических отклонениях. Аналитический модуль генерирует динамические графики изменения свойств проволоки во времени и сравнительные таблицы по партиям. Система поддерживает хранение до 50 000 записей с быстрым поиском по дате или номеру партии.

Внедрение ИС позволяет сократить время обработки и анализа результатов испытаний на 50–60 %, практически исключить человеческий фактор в регистрации данных и обеспечить полную прослеживаемость истории контроля качества. Система создает основу для дальнейшей интеграции с IoT-датчиками лабораторного оборудования.

Литература

1 Лок, Э. ASP.NET Core в действии. / Э. Лок; пер. с англ. – 3-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 1046 с.

Н. А. Кольчук

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В БИЗНЕС-СРЕДЕ

Автоматизация производственных процессов подразумевает применение технологий для выполнения повторяющихся операций и задач в бизнес-среде. Автоматизированные системы способны полностью или частично взять на себя ручной труд там, где это целесообразно.

Основная задача внедрения автоматизации – сокращение издержек, наращивание темпов производства и улучшение операционной деятельности. Чтобы глубже понять суть автоматизации бизнес-процессов, рассмотрим примеры ее использования в различных отраслях. BPM (Business Process Management) же представляет собой более широкое понятие, предполагающее управление комплексными процессами, охватывающими всю компанию, с использованием различных подходов.

На первый взгляд, процесс найма персонала кажется незамысловатым, но на деле он включает в себя множество этапов. К ним относятся: оформление анкетных данных новых членов команды, проведение ознакомительных брифингов, организация обучающих мероприятий, создание банковских счетов, сбор требуемой документации и назначение кураторов.

Без автоматизации подобная деятельность может превратиться в настоящий беспорядок, приводя к следующим последствиям: нескончаемый документооборот; пропуск важных этапов; снижение удовлетворенности персонала; падение эффективности [1].

Эффект от внедрения автоматизированных решений проявляется практически сразу, особенно если изначально бизнес сталкивался с проблемами ручного труда, медленной обработки информации или высоким уровнем ошибок.

Литература

1 Таулли, Т. Роботизированная автоматизация процессов: Руководство к внедрению RPA систем / Т. Таулли. – Монровия: Apress, 2020. – 333 с.

Е. В. Леонович

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРИМЕНЕНИЕ ARUCO-МАРКЕРОВ ДЛЯ ТРЕКИНГА ПОЛОЖЕНИЯ ЭКСТРУДЕРА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА 3D-ПЕЧАТИ

Требуется разработать программное обеспечение для автоматизированного обнаружения отклонений в реальном времени [1].

В основе предлагаемого метода лежит использование компьютерного зрения для трекинга положения печатающей головки (экструдера) и сравнения его траектории с эталонной моделью (*G-code*). Для точного позиционирования в условиях сложного визуального фона предлагается использование фидуциальных маркеров типа *ArUco*.

ArUco-маркер представляет собой синтетический уникальный квадратный маркер со своим *ID*, состоящий из черной рамки и внутренней бинарной матрицы, которая кодирует уникальный идентификатор (рисунок 1).

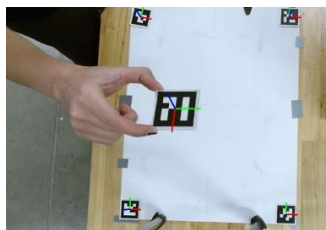


Рисунок 1 – Пример *ArUco*-маркера и схема его детектирования

Процедура трекинга сводится к нахождению векторов трансляции *tvес* и вращения *rvес* маркера относительно системы координат

камеры. Применение метода трекинга по *ArUco*-меткам позволяет значительно снизить вычислительную нагрузку по сравнению с методами безмаркерного трекинга и обеспечить устойчивость системы к визуальным шумам.

Литература

1 Кэлер, А. Изучаем OpenCV 3. Разработка программ компьютерного зрения на C++ с применением библиотеки OpenCV / А. Кэлер, Г. Брэдки. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 826 с.

В. Ю. Мартынов

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В СРЕДЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3»

Исследование направлено на интеграцию методов цифровой обработки сигналов в цикл планирования производства. Для обнаружения дефектов (износ подшипников, дисбаланс) используется быстрое преобразование Фурье для преобразования сигнала из временной области в частотную по следующей формуле:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}, \quad k = \overline{0, N-1}$$

где $x(n)$ – амплитуда звука, $X(k)$ – спектральная плотность.

Гармонический анализ позволяет определить тип неисправности на ранней стадии. Алгоритм состоит из захвата аудиоданных из внешнего компонента и передачи их 1С для сравнения с цифровым эталоном. При обнаружении аномальной девиации система автоматически формирует «Заявку на ремонт» и корректирует график доступности рабочего центра.

Научным новшеством является разработка алгоритмов обработки сигналов на встроенном в платформу языке, который обеспечивает бесперебойную связь с диагностикой бизнес-логики. Сокращение незапланированных перерывов на 15–20 % и повышение прозрачности производственного цикла имеет практическое значение.

Литература

- 1 Баркова, Н. А. Виброакустическая диагностика механизмов / Н. А. Баркова. – СПб.: СЗТУ, 2023. – 156 с.
- 2 Киргинцева, С. В. Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании / С. В. Киргинцева. – Гм.: ГГУ, 2025. – 252 с.
- 3 Радченко, М. Г. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие / М. Г. Радченко. – М., 2024. – 965 с.

Е. Д. Метлицкая

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИЕЙ

Целью данного проекта являлась разработка комплексной системы безопасности для офисно-складского объекта и его прилегающей территории, направленной на предотвращение несанкционированного доступа, защиту материальных ценностей и обеспечение безопасности персонала. В ходе работы были проанализированы существующие типы систем безопасности, а также проведена оценка специфики объекта, включающая анализ его планировки, технического оснащения и идентификацию возможных угроз, как внешних, так и внутренних.

На основе полученных данных была спроектирована интегрированная система, объединяющая подсистемы видеонаблюдения, контроля доступа и охранной сигнализации. Для каждой подсистемы был произведен обоснованный выбор оборудования: проведен сравнительный анализ купольных и корпусных IP-камер, сетевых видеорегистраторов, типов турникетов и датчиков. В проекте рассчитаны ключевые параметры, такие как фокусное расстояние и углы обзора камер, потери сигнала в Wi-Fi-мосте и внутренней сети, время автономной работы системы от источника бесперебойного питания и необходимый объем жесткого диска для хранения видеоархива.

Моделирование системы подтвердило ее работоспособность и эффективность. Технико-экономическое обоснование, включающее сметы

затрат на проектирование и монтаж, показало, что при общей сумме инвестиций проект является экономически целесообразным и окупается в течение 2-3 лет благодаря повышению уровня защиты и прозрачности бизнес-процессов. Разработанные рекомендации по внедрению и эксплуатации обеспечивают и долговременную работу системы. В результате предложенное решение представляет собой сбалансированный по стоимости и функциональности проект, адаптированный к условиям малых предприятий и готовый к практической реализации.

Литература

1 Маликов, В. Исследование уровня информационной безопасности сетевых систем видеонаблюдения / В. Маликов – Доклады БГУИР, 2018 – 25-29 с.

2 Петренко, М. Метод выбора модели жизненного цикла создания корпоративной информационной системы на основании количественной оценки требований к характеристикам системы и процессу ее создания / М. Петренко. – М.: Статистика и Экономика, 2014 – 97с.

М. И. Пантюшечкин

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

КОНЦЕПЦИЯ «ЦИФРОВОГО ГОМЕОСТАЗА» КАК ЦЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

В последних современных исследованиях выявлено ключевое противоречие: высокий потенциал AI-решений (до \$95 млрд ежегодного эффекта) и минимальный уровень реального внедрения (менее 10%). Достижение гомеостаза возможно только при наличии сквозного цифрового двойника, объединяющего: (а) физико-технологические модели процессов; (б) модель оборудования и сенсорики в реальном времени; (в) модель логистики и производственного планирования.

Производство рассматривается не как дискретный процесс, а как непрерывный обмен веществом, энергией и информацией. Достижение динамического равновесия в условиях внешних возмущений возможно только через создание сквозного цифрового двойника, объединяющего физико-технологические модели, сенсорику реального

времени и логистику. Переход к такой модели знаменует когнитивный сдвиг в индустрии: технологический суверенитет будущего будет определяться способностью превращать данные в интеллектуальные управляющие решения, а не просто наличием оборудования [1].

На практике это означает предиктивное обслуживание, адаптивное планирование и управление дефектами на атомарном уровне.

Полупроводниковая индустрия вступает в фазу когнитивного сдвига. Технологический суверенитет определяется не наличием EUV-литографов, а способностью превращать производственные данные в интеллектуальные управляющие решения.

Предложенный принцип «цифрового гомеостаза» задает вектор развития: от интегральной схемы – к интегрированной среде проектирования и производства, где цифровой двойник становится обязательным компонентом fab-инфраструктуры.

Литература

1 Pavlenko, E. Homeostatic approach to assessing digital manufacturing security / E. Pavlenko, D. Zegsha, A. Sarygulov. // SHS Web of Conferences. – 2018. – Vol. 44. – P. 00066.

В. В. Паценко

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ РЕМЕСЛЕННИКОВ

Эксклюзивность ручного труда оборачивается проблемой: мастер превращается в универсального администратора, разрываясь между клиентами, материалами, выставками и продвижением товаров. Многозадачность без нужных инструментов разрушает и творчество, и доходы.

Ремесло не поддается стандартной оптимизации: каждый заказ уникален, требования рождаются в диалоге с клиентом, расход материалов зависит от творческого замысла, а неторопливый ручной труд сталкивается с жесткими сроками выставок. Когда мастер управляет этим хаосом через блокноты, фото в телефоне и переписку в мессенджерах, неизбежно наступает хаос: договоренности теряются, сроки

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

срываются, а постоянные переключения между творчеством и администрированием истощают ресурсы.

Решением становятся цифровые системы, гибко подстраивающиеся под природу ручного труда. Они наводят порядок в ключевых процессах: описание изделий с учетом вариаций, превращение переписки с клиентами в прозрачный рабочий поток с эскизами и договоренностями, интеллектуальный учет материалов с подсказками для закупок и синхронизация календаря.

Продуманная автоматизация становится внутренней потребностью ремесла, разрешая противоречие между уникальностью творчества и требованиями эффективности. Специализированные инструменты превращают изнурительное занятие в устойчивую предпринимательскую модель, сохраняющую культурный капитал мастерства в цифровую эпоху.

Литература

1 Likvidatsiya.by: Изменения для ремесленников в 2024–2025 году. – 26.12.2024. – URL: <https://likvidatsiya.by/izmeneniya-dlya-remeslennikov-v-2024-2025-godu> (дата обращения: 17.12.2025).

2 Craftsman.by: сообщество ремесленников – URL: <https://craftsman.by/> (дата обращения: 17.12.2025).

В. А. Петренко, В. С. Закревская
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ ТЕАТРА»

Целью проекта являлась разработка информационной системы управления базой данных театра для модернизации процессов продажи билетов, ведения репертуара и учета персонала.

Реализована клиент-серверная архитектура. База данных из 11 таблиц спроектирована в MS SQL Server. Вынос бизнес-логики на сервер (DML-триггеры) автоматизирует расчеты и предотвращает продажу билетов сверх вместимости зала. Клиентское приложение разработано в Delphi. Данная среда отлично подходит для создания надежных систем взаимодействия с базами данных [1].

Приложение предоставляет удобный интерфейс с интерактивной схемой зрительного зала. Наглядная цветовая индикация помогает мгновенно оценивать статус каждого места и его категорию комфорта, а итоговая цена формируется автоматически в зависимости от выбора (рисунок 1).

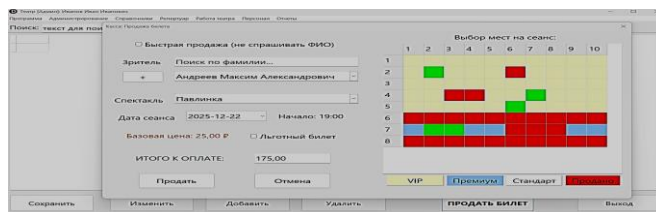


Рисунок 1 – Интерфейс окна продажи билета

В системе реализовано строгое разграничение прав доступа и логирование. Внедрение приложения минимизирует человеческий фактор, ускоряет обслуживание зрителей и позволяет экспортировать аналитическую отчетность в Microsoft Excel.

Литература

1 Осипов, Д. Л. Базы данных и Delphi. Теория и практика / Д. Л. Осипов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 752 с.

В. А. Пинчукова, Е. В. Комракова
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИА-КОНТЕНТОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ERP-СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Автоматизация производства и цифровизация документооборота требует оперирования значительными объемами визуальных данных. В ERP-системах, построенных на платформе «1С: Предприятие», к таким данным относятся конструкторские чертежи, технические паспорта изделий, а также материалы фотофиксации этапов производства и контроля брака. Однако традиционный подход к хранению бинарных данных внутри реляционных баз данных приводит к стремительному росту их объема, что негативно сказывается на эффективности систем.

Материалы XXIX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», Гомель, 23–25 марта 2026 г.

Увеличение размера файла базы данных существенно замедляет выполнение регламентных операций. В условиях непрерывного производства длительный технологический простой системы для выполнения бэкапа является недопустимым.

Использование объектного хранилища позволяет автоматизировать процесс разделения данных на структурированные и неструктурированные. При таком подходе в базе данных 1С сохраняются лишь метаданные и уникальные ссылки, а сам контент передается в распределенное хранилище.

Автоматизация на базе объектного хранилища обеспечивает высокую скорость доступа к данным на всех этапах производственного цикла. Снижение нагрузки на сервер СУБД позволяет высвободить вычислительные мощности для более оперативной обработки учетных задач и формирования производственных отчетов.

Помимо этого, выделение файлового сервиса позволяет изменить подход к безопасности данных. Объектные хранилища поддерживают механизмы автоматического квотирования и версионирования объектов. Это гарантирует сохранность информации и позволяет мгновенно восстанавливать предыдущие ревизии в случае их некорректного изменения.

Таким образом, внедрение объектного хранилища в контур промышленной автоматизации обеспечивает масштабируемость системы без необходимости остановки бизнес-процессов для реструктуризации баз данных и является необходимым условием оптимизации современных *ERP*-систем на крупных производственных объектах.

И. А. Рабкина

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ СЕРВИСНЫХ ИНЖЕНЕРОВ ЦЕНТРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ОФИСНОЙ ТЕХНИКИ

Одной из актуальных задач, требующих решения в рамках совершенствования деятельности сервисных предприятий, является задача оптимального планирования выездной работы сервисных инженеров.

Центр обслуживания офисной техники «Корну КопиА офистех» осуществляет заправку картриджей, ремонт офисной техники, а также настройку программного обеспечения. Ежедневно в организацию поступают заявки от клиентов, расположенных в различных районах города, формирование маршрута передвижения инженеров осуществляется вручную. Такой подход не учитывает в полной мере приоритетность заявок, расстояния между объектами и расход топлива, что может приводить к увеличению времени выполнения работ и материальных затрат.

Программная система интеллектуального планирования обеспечивает автоматизацию процесса формирования оптимального маршрута на предстоящий рабочий день. Система учитывает следующие параметры: приоритет выполнения заявки, территориальное расположение предприятий, расстояние между объектами, графики работы клиентов, а также минимизацию расхода топлива.

В основе функционирования системы лежит решение задачи оптимизации маршрута (задачи маршрутизации транспортных средств с временными окнами). В результате обработки заявок формируется упорядоченный список адресов с указанием последовательности посещения, а также отображается карта города с нанесенными объектами обслуживания и направлением движения водителя. При проектировании системы были разработаны функциональная и инфологическая модели программного комплекса, проведен подбор реальных тестовых примеров для апробации системы.

Разработка специализированной программной системы позволит повысить эффективность работы сервисных инженеров, сократить временные и топливные затраты, снизить влияние человеческого фактора при планировании маршрутов.

Д. А. Ракович, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОНЛАЙН-ЗАКАЗА И ДОСТАВКИ ЕДЫ

Современный этап развития цифровой экономики характеризуется активным ростом электронной коммерции и, в частности, сегмента онлайн-доставки продуктов питания и готовых блюд (e-grocery).

Увеличение числа пользователей подобных сервисов, расширение ассортимента и географии доставки, а также рост объёмов, обрабатываемых данных приводят к существенному усложнению архитектуры информационных систем, лежащих в основе таких сервисов. В условиях высокой конкуренции на рынке доставка еды становится не только логистической, но и технологической задачей, требующей применения высокопроизводительных, масштабируемых и отказоустойчивых программных решений.

Нами разработана высоконагруженная распределённая информационная система для онлайн-заказа и доставки еды, ориентированная на автоматизацию ключевых бизнес-процессов и обеспечение заданных показателей производительности, надёжности и информационной безопасности. При разработке были применены асинхронные модели обработки запросов и событийно-ориентированное взаимодействие между микросервисами, что позволило эффективно использовать вычислительные ресурсы и обеспечивать масштабируемость системы при росте нагрузки. Межсервисное взаимодействие было организовано с использованием высокоэффективных бинарных протоколов и механизмов обмена сообщениями, что позволяет снизить сетевые задержки и повысить пропускную способность системы.

Клиентская часть информационной системы, представляющая собой современное web-приложение, использует реактивную модель построения пользовательского интерфейса, что позволяет обеспечить высокую отзывчивость интерфейса, снижение нагрузки на серверную часть и корректную обработку асинхронных операций. В рамках клиентского приложения реализован полный пользовательский сценарий взаимодействия с системой – от авторизации и выбора блюд до оформления заказа, оплаты и отслеживания статуса доставки в режиме реального времени.

К. О. Рацыбовская, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ КУРОРТНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В современном мире информационные технологии играют ключевую роль в повышении эффективности работы предприятий сферы услуг.

Санаторно-курортные учреждения не являются исключением. Автоматизация процессов бронирования, учета клиентов и оказания услуг позволяет значительно сократить время на обработку информации, минимизировать вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и повысить качество обслуживания.

Нами разработано web-приложение для санатория «Голубые Озера», представляющее собой надежную и эффективную систему управления данными. Отметим, что действующий web-сайт санатория выполняет преимущественно информационную функцию, предоставляя общие сведения о номерах и услугах. Однако его форма бронирования на данный момент не интегрирована с внутренней системой учета, что требует ручной обработки всех онлайн-заявок.

Разработанное приложение обеспечивает автоматизацию хранения и обработки информации о клиентах, номерах, бронированиях и дополнительных услугах.

Автоматизация ведения реестра номерного фонда позволяет в реальном времени отслеживать информацию обо всех доступных номерах, что минимизирует вероятность двойного бронирования и повышает эффективность использования номерного фонда.

Автоматизация регистрации клиентов дает возможность создать подробные клиентские профили, вести историю посещений, формировать базу данных для рассылок и персонализированных предложений, а также гарантирует соответствие требованиям законодательства о хранении персональных данных.

Автоматизация бронирования предусматривает создание эффективной системы обработки заявок на проживание, автоматическое формирование подтверждения бронирования, управление очередями ожидания, а также интеграцию с реестром номерного фонда.

Автоматизированный учет дополнительных услуг позволяет точно и оперативно фиксировать все платные услуги. Наконец, автоматизация расчета стоимости позволяет исключить человеческий фактор при создании счета, предотвратить ошибки и сформировать детализованные счета для клиентов.

И. А. Роденков

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В АНАЛИЗЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ: КЕЙС БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА

Вы когда-нибудь думали о бессмертии? А о том, через что придётся пройти человечеству, чтобы его достичь? Даже при технологических достижениях, с какими «неожиданными» проблемами мы столкнёмся?

При наших технологиях мы можем без труда заменить большинство органов, а утраченные конечности всё больше и больше напоминают изделия из фантастических фильмов. Однако, как бы мы не совершенствовали технологии, мы всё равно упруемся в стену. Самую сложную систему человеческого организма – наш мозг и порождённое им сознание. Эта вершина технологиям пока не по зубам. Следовательно, наша цель сохранить его, не дать разрушиться под тяжестью разных психических или нейродегенеративных заболеваний. Для этого нам надо разработать лекарство или способы лечения таких заболеваний. А когда это проще всего сделать? В момент их зарождения [1].

К примеру: Болезнь Паркинсона. От начала её развития до первых симптомов может пройти 10–15 лет, и всё это время болезнь будет медленно разрушать мозг больного. В момент, когда её обнаружат, уже поздно что-либо делать. Максимум, что может современная медицина – замедлить. Но вот вопрос: что будет, если мы обнаружим заболевание в самом его начале? Вновь сталкиваемся с проблемой: традиционная диагностика безнадежно отстаёт, уповая на субъективную оценку врача и видимые лишь на поздних стадиях изменения, а из результатов визуальных данных: МРТ, УЗИ мозга, сцинтиграфии – человеческий мозг физически не способен извлечь всю скрытую информацию.

Тут на сцену выходит компьютерное зрение – технология, которая научила машины не просто «сканировать» картинки, а понимать их медицинский смысл. С помощью этого метода мы сможем обнаружить паттерны болезни доклинической стадии, а значит, найти первоисточник.

Литература

1 Юсупов, Ф. А. Биомаркеры ранней диагностики болезни паркинсона / Ф. А. Юсупов, А. А. Юлдашев, Т. А. Нурматов – Бюллетень науки и практики, 2024. – 309 с.

А. А. Романович, В. А. Грицкова
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «МИР ФЛОРИСТИКИ»

Современный пользователь ожидает от различных онлайн-сервисов не просто наличие возможности просмотра каталога, а полноценного интерактива: персонализированных рекомендаций, удобной корзины с сохранением выбранных позиций, онлайн-оформления заказа с вариативностью доставки и оплаты, а также прозрачного отслеживания статуса его выполнения в режиме, близкому к реальному времени. Реализация такого функционала невозможна без применения клиент-серверной архитектуры, интеграции с базой данных и разработки серверной логики.

Разработка web-приложения «Мир флористики» обусловлена объективной потребностью современного флористического бизнеса в переходе от простого информирования пользователя к созданию полнофункционального цифрового инструмента. Приложение призвано решать комплекс таких задач, как автоматизация процессов приема и обработки заказов, оперативное управление контентом (ассортиментом) и эффективное взаимодействие с клиентами, что является критически важным фактором конкурентоспособности на современном рынке. При разработке был реализован прикладной программный интерфейс (API), обеспечивающий обработку HTTP-запросов от клиентского приложения, выполнение бизнес-логики (валидация данных, расчёт стоимости заказа, проверка наличия товаров, управление статусами) и взаимодействие с базой данных. В рамках реализации пользовательского функционала разработана система регистрации и аутентификации. Она позволяет пользователям создавать личные кабинеты, просматривать историю заказов и сохранять персональные данные для ускорения оформления повторных заказов. Для администратора приложения создана специализированная административная панель, обеспечивающая интуитивно понятное управление товарным

каталогом (добавление, редактирование, удаление позиций, управление категориями), а также просмотр, фильтрацию и обработку поступающих заказов (изменение статусов, добавление комментариев).

В. А. Селецкая

(БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Современное производство создает потоки данных, которые вручную обрабатывать экономически невыгодно. Прикладная задача автоматизации в данном контексте формулируется как создание программного модуля, способного в реальном времени передавать первичные показатели и самостоятельно выводить пользователю значимые результаты анализа – о превышении нормативов, снижении эффективности или возникновении нештатных ситуаций. Главное преимущество такой системы – смещение фокуса с ликвидации последствий на предупреждение проблем по первым признакам.

Формулировка задачи сводится к построению конвейера данных, где на входе – сырые цифры из цеховых систем учёта и датчиков оборудования, а на выходе – лаконичные уведомления или визуальные маркеры с интерпретацией ситуации. В отличие от классической отчётности, которая требует запроса, система работает по принципу «подписки на события»: программа сама отслеживает изменения и инициирует оповещение при совпадении условий.

Система получает данные из технологических контроллеров, учётных решений (1C, SAP), таблиц и сменных отчётов. Ключевая задача – синхронизация потоков с разными форматами и периодичностью, а также фильтрация технических помех, чтобы они не воспринимались как производственные события. Схема реализации строится вокруг ядра обработки событий: программа циклически опрашивает источники, сравнивает данные с пороговыми значениями по жёстким или адаптивным правилам. На практике это означает разработку ETL-процессов, настройку базы данных временных рядов и дашборд с индикацией состояний. Технологический стек: Python, InfluxDB/PostgreSQL, Grafana [1]. Итог: система превращает сырые цифры в поток полезных фактов, сокращая ручной труд и время реакции.

Литература

1 ETL-процессы. Основы проектирования хранилищ данных: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/528116/>

Г. В. Синица

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

УМНЫЙ МАГАЗИН: ОТ ДАННЫХ О ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ПОКУПАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ К ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В условиях быстрого перехода розничной торговли на цифровые технологии анализ поведения потребителей в торговом зале становится критически важным фактором конкурентоспособности. Традиционные статистические методы не отражают динамику взаимодействия клиента и товара, поэтому наблюдение за движением становится актуальной задачей современной аналитики.

Целью работы является тщательное исследование и изучение возможности компьютерного зрения для анализа потока покупателей и составления карт интенсивности движения с целью оптимизации процессов деятельности магазина.

В аналитике коммерческих пространств выделяют два подхода к мониторингу. Первый основан на радиочастотных датчиках, погрешность которых велика. Второй основан на обработке видеопотока, что позволяет с высокой точностью фиксировать координаты объектов. Поскольку структура каждого магазина практически уникальна, видеоанализ позволяет выявить специфические модели поведения, недоступные с помощью других средств контроля.

Методологической основой работы являются современные сверточные нейронные сети, используемые для обнаружения и отслеживания объектов. Этот метод позволяет автоматизировать сбор данных о времени пребывания посетителей в целевых зонах и определять маршруты без участия человеческого фактора.

На основании проведенных исследований установлено, что для оптимизации бизнес-процессов эффективно использовать сводные данные в форме «тепловых карт». Программное обеспечение разработано на языке Python с использованием мощных библиотек OpenCV и PyTorch.

Результаты будут внедрены в системы поддержки принятия решений в розничной торговле, в ближайшее время дополнив их специализированными модулями анализа очередей, предназначенными для управления обслуживающим персоналом.

С. А. Тураев
(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЕБ-СЕРВЕРОВ, ИНТЕГРАЦИЙ API И ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В ИТ-компаниях и организациях сферы услуг автоматизация производственных процессов обеспечивает связность учета, планирования и контроля. Наибольший эффект достигается при автоматизации рутинных операций: переноса данных, проверок и подготовки отчетности. Это снижает влияние человеческого фактора, сокращает затраты и повышает прозрачность управления [1].

Ключевое решение – интеграция разнородных систем через веб-сервисы и API. Автоматизация строится на трехуровневой модели: данные, бизнес-логика, представление. При этом критична устойчивость интеграций, поскольку сбои внешних сервисов могут останавливать производственные цепочки.

Для надежного взаимодействия с внешними источниками используются таймауты, повторные попытки и обработка ошибок. Для снижения простоев применяются очереди задач, кэширование и фиксация статусов операций, что позволяет возобновлять обработку без потери данных. Безопасность обеспечивается шифрованием трафика, защищенным хранением ключей доступа и протоколированием.

Промышленная эксплуатация требует контролируемой среды и воспроизводимого развертывания с фиксацией версий компонентов. Эффективность автоматизации оценивается по сокращению времени операций и числа ошибок; для интеграционных сервисов важны доля успешных запросов, время ответа и скорость восстановления после сбоев. Мониторинг и журналирование обеспечивают раннее выявление проблем.

Успешная автоматизация требует комплексного подхода: продуманной архитектуры данных, устойчивых интеграций и надежной инфраструктуры эксплуатации.

Литература

1 Липаев, В. В. Надёжность и функциональная безопасность программных средств / В. В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 2018. – 496 с.

Е. В. Турович

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ РПУП «ГОМЕЛЬГАЗ»

РПУП «ГомельГаз» осуществляет эксплуатацию крупнейшего газотранспортного комплекса в регионе. Гомельская область является одной из самых газифицированных в Беларуси: более 615 тысяч квартир оснащено газовым оборудованием, эксплуатируются свыше 10 тысяч километров газопроводов. Ежедневно специалисты предприятия обрабатывают множество заявок на обслуживание газовых плит, котлов и приборов учёта. Именно поэтому в настоящее время особую значимость приобретает автоматизация взаимодействия между всеми участниками процесса – от потребителя газа до контролирующих служб – с учётом требований правил пользования газом в быту.

При проектировании программного комплекса был выполнен тщательный анализ предметной области, выявлены процессы для автоматизации и участники процессов. Разработана такая архитектура программной системы, которая позволяет вести мониторинг полного цикла обслуживания газового оборудования. Потребитель через личный кабинет получает уведомление о приближении окончания срока действия оборудования и подаёт заявку на замену или ремонт. Приёмщик обрабатывает заявки и передаёт их мастеру. Мастер назначает бригаду с учётом специализации и загрузки слесарей. Бригадир выполняет задание, мастер оформляет акт. Контролёр утверждает акт, приёмщик фиксирует новую дату обслуживания.

Ключевые направления автоматизации: учёт газового оборудования с фиксацией сроков службы, обработка заявок, контроль соблюдения регламентных сроков. Согласно нормативам, эксплуатация газовых

плит может допускаться не более четырёх лет после диагностики, общий срок – не более двадцати лет; для водонагревателей продление – не более трёх лет. Система отслеживает приближение этих сроков.

Программный комплекс позволит повысить прозрачность взаимодействия, исключить риск пропуска регламентных сроков, сократить затраты и обеспечить более высокий уровень безопасности эксплуатации газового оборудования.

О. С. Тюрин

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА БАЗЕ 1С

Современные предприятия по производству пластиковой продукции функционируют в условиях высокой конкуренции и требуют эффективного управления материальными ресурсами. Точность учета сырья и готовых изделий является важным фактором обеспечения стабильности производственного процесса и экономической эффективности предприятия. Ручные методы учета не обеспечивают достаточной точности и оперативности, что обуславливает необходимость внедрения автоматизированных информационных систем.

В данной работе рассматривается информационная система учета сырья и готовых изделий, реализованная на базе платформы 1С: Предприятие. Выбор данной платформы обусловлен ее широкими функциональными возможностями, встроенным объектно-ориентированным языком программирования и поддержкой интеграции с другими корпоративными системами. Встроенный язык 1С позволяет реализовать бизнес-логику учета, обработку производственных документов, управление складскими операциями и формирование аналитической отчетности.

Разработанная система включает модули учета поступления сырья, списания материалов в производство, учета выпуска готовой продукции, складского учета и контроля остатков. Архитектура системы основана на использовании реляционной базы данных и многоуровневой модели, обеспечивающей взаимодействие пользователей с системой через управляемые формы и отчеты.

Внедрение предложенной информационной системы позволяет повысить точность учета материальных ресурсов, сократить производственные потери, ускорить процессы инвентаризации и повысить прозрачность управления производством. Использование платформы 1С: Предприятие обеспечивает гибкость, масштабируемость и возможность адаптации системы к специфике предприятия по производству пластиковой продукции.

Д. С. Усов
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ И СБОРА ПАРАМЕТРОВ

Современное машиностроительное производство требует перехода от планово-предупредительных ремонтов к стратегии обслуживания по фактическому состоянию (predictive maintenance), что невозможно без непрерывного автоматизированного мониторинга параметров оборудования [1].

Автоматизированная система мониторинга включает три функциональных уровня: сенсорный (датчики вибрации, температуры, тока, давления), уровень агрегации (промышленные контроллеры, IoT-шлюзы) и уровень аналитики (SCADA, облачные платформы, алгоритмы машинного обучения).

Ключевыми контролируемыми параметрами являются виброскорость подшипников, тепловые поля узлов, токовые нагрузки приводов, точность позиционирования рабочих органов и состояние смазочно-охлаждающих жидкостей.

Внедрение автоматизированного мониторинга позволяет сократить эксплуатационные затраты на 20–30 % за счет отказа от необоснованной замены исправных деталей и оптимизации графиков ремонтов.

Раннее обнаружение дефектов на стадии зарождения снижает время внеплановых простоев оборудования на 40–60 % благодаря возможности планирования ремонтных работ без остановки производственного цикла.

Косвенная диагностика по параметрам оборудования предотвращает выпуск бракованной продукции путем своевременного выявления износа инструмента, нестабильности зажима и отклонений режимов обработки.

Основными барьерами внедрения являются высокая стоимость оснащения датчиками устаревшего станочного парка и риски кибербезопасности промышленных сетей.

Литература

1 Ткаченко, Е. Н. Применение цифровых двойников в машиностроении: опыт российских предприятий / Е. Н. Ткаченко, М. А. Петров // Научный журнал «Индустрия 4.0». – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 45–58.

П. А. Филинович

(ГрГУ имени Янки Купалы, Гродно)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Мебельные фабрики Беларуси сталкиваются с ростом конкуренции, разрозненным учётом заказов и недостаточной интеграцией производственных и складских систем [1]. Работа направлена на проектирование гибридной корпоративной информационной системы, обеспечивающей сквозную автоматизацию жизненного цикла заказа от заявки и 3D-проектирования до изготовления и отгрузки. В качестве ядра выбрана облачная CRM-платформа Битрикс24 с подключаемыми модулями каталога, 3D-конструктора, расчёта стоимости, контроля качества и складского учёта, интегрируемыми через REST API и webhooks [2]. Используются веб-клиент на React и серверная часть на FastAPI/Django и PostgreSQL с возможностью применения OpenCV и TensorFlow для анализа изображений и контроля брака [3]. Ожидается сокращение сроков выполнения заказов, снижение затрат и повышение качества сервиса, с перспективой развития аналитики и мобильных приложений.

Литература

1 Беллесбумпром. Программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром» на период до 2025 года: [сайт]. – 2025. – URL: <http://bellesbumprom.by/images/text/programm/programma%20DO.pdf> (дата обращения: 10.02.2026).

2 Bitrix24: ЦРМ для автоматизации продаж и ведения базы клиентов: [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.bitrix24.by/features/crm/> (дата обращения: 10.02.2026).

3 Azure Architecture Center: [сайт]. – 2024. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/> (дата обращения: 18.02.2026).

И. В. Целков

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДСЧЁТА ПАССАЖИРОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА YOLO В ЗАДАЧАХ ВИДЕОМОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

В работе рассматривается реализация системы автоматизированного подсчёта пассажиров на основе видеоданных с использованием архитектуры YOLO (You Only Look Once) [1].

Данный подход относится к одностадийным (*one-stage*) детекторам объектов и обеспечивает высокую скорость обработки кадров, что позволяет применять его в режиме реального времени в условиях движения транспортного средства (рисунок 1).

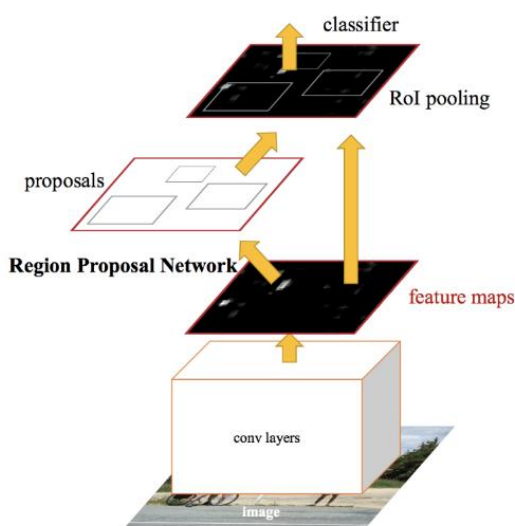


Рисунок 1 – *Object Tracking* в Yolo

Алгоритм функционирования системы включает получение видеопотока с камеры, установленной в салоне, и его покадровую обработку.

Модель *YOLO* выполняет одновременную локализацию и классификацию объектов класса «*person*», формируя ограничивающие прямоугольники с вероятностной оценкой принадлежности к классу. Для повышения точности используются предварительная нормализация изображения и подавление ложных детекций по порогу *confidence*.

Для исключения повторного подсчёта применяется межкадровый трекинг на основе сопоставления *bounding box* по метрике *IoU* и анализа траекторий движения. Каждому обнаруженному пассажиру присваивается уникальный идентификатор. Подсчёт осуществляется при пересечении виртуальной линии контроля входа/выхода. Текущее количество пассажиров определяется как $N = N_{in} - N_{out}$.

Использование архитектуры *YOLO* позволяет обеспечить баланс между точностью и скоростью обработки, что критически важно для встраиваемых систем мониторинга пассажиропотока.

Литература

1 Redmon, J YOLO9000: Better, Faster, Stronger / J. Redmond, A. Farhadi // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2017.

Е. А. Шевцов, И. Л. Стефановский
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ИНЖЕНЕРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

В современных условиях промышленного производства обеспечение безопасности труда приоритетно. Деятельность инженера по охране труда связана с ручной обработкой больших массивов данных, что ведет к ошибкам и несвоевременному реагированию на производственные риски.

Разработанная информационная система (ИС) базируется на реляционной базе данных, объединяющей сведения о персонале и нормативных требованиях [1]. Архитектура системы включает модули планирования обучения, учета происшествий и генерации отчетности, взаимодействие которых отражено в структуре функциональных блоков (рисунок 1).



Рисунок 1 – Архитектура разработанной системы

Модуль контроля знаний автоматизирует планирование аттестации и электронное тестирование. При провале экзамена ИС назначает пересдачу и ограничивает допуск к опасным работам, обеспечивая строгое соблюдение регламентов безопасности.

Автоматизация документооборота сокращает временные затраты инженера на 50–70 %. Внедрение ИС минимизирует риски нарушения законодательства и обеспечивает прозрачность контроля за состоянием охраны труда на предприятии.

Литература

1 Советов, Б. Я. Информационные технологии: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – 7-е изд. – М.: Юрайт, 2019. – 327 с

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

Дифференциальные уравнения, математический анализ и численные методы

<i>Казимиров Г. Н., Дюндикова В. В.</i> О совпадении обобщенных модулей 2-го порядка на многочленах Чебышёва-Якоби.....	3
<i>Карасёва Г. Л., Тагангылыджова З. Р.</i> Невырожденность решения специальной задачи оптимального управления.....	4
<i>Кругликов И. В.</i> Теорема Монтессу для рядов Лорана.....	6
<i>Удодов М. С., Белокурский М. С.</i> Отражающая функция уравнения с разделяющимися переменными.....	6
<i>Шульжик А. И.</i> Моделирование решений нелинейного интегродифференциального уравнения Вольтерра.....	7
<i>Ostapuk P. V.</i> Regularization of incorrect equations in the semi-norm of a Hilbert space.....	8
<i>Shukailo Ia. I.</i> Choosing a regularization parameter in an iterative procedure of an explicit type for ill-posed tasks.....	9

Теория вероятностей и математическая статистика, теория массового обслуживания

<i>Борчик Е. М., Алексейков М. В.</i> Комплексный анализ рентгеноморфометрических показателей поясничного отдела позвоночника	11
<i>Галимов Е. О.</i> Регрессионный анализ показателей производства продукции промышленных предприятий.....	12
<i>Горева М. В.</i> Сравнительный анализ оценок семивариограммы стационарных случайных процессов.....	13
<i>Добшикова К. А.</i> Статистический анализ взаимосвязей между показателями преступности в Республике Беларусь.....	14
<i>Евмененко С. Ю., Немилостивая В. А.</i> Стационарное распределение сетей с требованиями разного типа и экспоненциальным ограничением на время пребывания.....	16

<i>Лунач Д. А.</i> Закон распределения как индикатор неравномерности регионального развития: анализ ввода жилья в регионах Беларуси	17
<i>Минин Д. В.</i> Статистический анализ взаимосвязей между показателями цифровой экономики Республики Беларусь.....	18
<i>Пархомцева Е. К., Якубович О. В.</i> Статистический анализ динамики демографических показателей самых населенных стран мира	19
<i>Подгайская Э. В.</i> Классификация районов Гродненской области по уровню развития торговой инфраструктуры.....	20
<i>Романчук В. С.</i> Оценка результативности системы образования Республики Беларусь на основе статистического анализа данных	21
<i>Русилко А. О.</i> Эконометрический анализ зависимости розничной торговли от доходов населения	22
<i>Славников А. В.</i> Проверка соответствия модели семивариограммы исходным данным.....	23
<i>Сошенко В. С.</i> Статистический анализ взаимосвязей между ценами на жилье в областных городах Республики Беларусь	24
<i>Старовойтова А. Н.</i> Определение оптимального масла по характеристикам с помощью методов TOPSIS и VIKOR.....	26
<i>Тарасенко Д. Д.</i> Скрытая механика очередей: уравнения Чепмена-Колмогорова в теории массового обслуживания.....	27
<i>Тесля А. В., Малинковский Ю. В.</i> Предельное распределение сети Джексона с циклом и двумя выходящими потоками.....	28
<i>Халди С. А.</i> Исследование применимости моделей временных рядов для прогнозирования остатка по банковскому счету.....	29
<i>Яцко В. А.</i> Статистический анализ межрегиональной дифференциации заработной платы в Республике Беларусь.....	30

Алгебра и геометрия

<i>Иванова Л. В., Мурашко В. И.</i> О центрально насыщенных формациях Фиттинга.....	32
<i>Коранчук А. Г.</i> О влиянии коммутантов некоторых силовских нормализаторов на строение конечной группы.....	33
<i>Кулыба А. И., Мурашко В. И.</i> Классы конечных групп с K - $\mathfrak{F}$ -субнормальными $\mathfrak{H}$ -подгруппами.....	35

<i>Купцова Я. А., Мурашко В. И.</i> О пересечении слабых $\mathfrak{F}$ -субнормализаторов всех $\mathfrak{H}$ -подгрупп конечной группы.....	36
<i>Купцова Я. А.</i> Поиск примеров слабо S_p -перестановочных подгрупп конечных групп.....	37
<i>Лавренко Э. А.</i> Методика формирования координатного метода у школьников.....	38
<i>Михайлов Я. А.</i> Исследование нечётких подгрупп Фраттини в конечных группах.....	39
<i>Санцевич Я. А.</i> Поиск элементов максимального порядка подгруппы конечной группы.....	41
<i>Семенюк О. А.</i> Метод двусторонней оценки в исследовании комбинированных уравнений с параметром.....	42
<i>Урунова А. С., Аниськов В. В.</i> Решение задач планиметрии методами аналитической геометрии.....	43
<i>Цыбин Е. А.</i> Алгоритм индексного исчисления для решения задачи дискретного логарифмирования в конечных полях.....	44
<i>Шкандратова П. С.</i> Нечеткие подгруппы в группах Шмидта: подсчет количества.....	45

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

<i>Ананич С. А., Босяков С. М.</i> Биомеханическое моделирование функционирования аукушетического имплантата в костной ткани..	47
<i>Беляева Е. В.</i> Классификация типов опухолей головного мозга по МРТ-снимкам с использованием свёрточных нейронных сетей...	48
<i>Васильева А. А., Босяков С. М.</i> Оценка напряженного состояния бедренной кости с интрамедуллярным имплантатом.....	49
<i>Вежновец И. Г.</i> Особенности информационных технологий в экономике и управлении.....	50
<i>Вергунов Л. Д.</i> Построение математической модели функционирования лучевого оружия в СВЧ-диапазоне.....	51
<i>Гаврилик А. А.</i> Диагностика наличия болезни сердца у пациентов в зависимости от их физических характеристик с использованием методов логистической регрессии.....	52

<i>Галицкая А. О.</i> Моделирование экономического развития Республики Беларусь 2000–2024 годов с помощью производственных функций.....	54
<i>Герад А. Д., Комраков В. В.</i> Распределенная система для решения системы тригонометрических уравнений.....	55
<i>Горошко Г. С., Рамиханов В. М.</i> Цифровые двойники трехфазных трансформаторов и программно-аппаратный комплекс для их диагностики.....	56
<i>Гундина М. А., Юхновская О. В.</i> Нахождение аномальных значений в задачах математического моделирования НДС стента в Wolfram Mathematica.....	57
<i>Дубровицк Е. Д.</i> Прогнозирование цен на ноутбуки с использованием методов машинного обучения на основе деревьев.....	58
<i>Калоша Л. А.</i> Моделирование свойств отражающих полимерных поверхностей для радиочастотного диапазона.....	59
<i>Карась О. В.</i> Комплексный подход к высокоточной 3D-реконструкции черепа человека на основе КТ-изображений для медицинских приложений.....	61
<i>Качура И. И.</i> Компьютерное моделирование электромеханического пуска гидрогенераторов малой мощности.....	62
<i>Клевжниц Д. А., Андреевец Ю. А.</i> Имитационное моделирование работы гидросистемы погрузчика в программе Automation Studio	63
<i>Кондратьева Н. А., Гундина М. А.</i> Петля гистерезиса в Wolfram Mathematica.....	64
<i>Короедов Д. И.</i> Анализ основных средств системного и программного обеспечения информационных технологий.....	65
<i>Крамущенко В. А.</i> Разработка программного комплекса для анализа variability сердечного ритма с целью оценки уровня стресса.....	66
<i>Кухлич М. А., Жогаль С. И.</i> Применение математических методов при отборе кадрового персонала проекта.....	67
<i>Махров М. А.</i> Математическое моделирование гибридной силовой установки.....	68
<i>Миронова К. М.</i> Методы, алгоритмы, инструменты анализа и визуализации векторных цифровых полей при решении задач гидроаэромеханики.....	69
<i>Морозько И. В.</i> Задача подбора методов генерации ландшафта для использования в симуляторах БПЛА.....	71

<i>Павленко А. В., Головин Е. Д.</i> Численное решение (1D) квазипотенциального уравнения в случае потенциала Гаусса.....	72
<i>Пищук А. Ю.</i> Программные средства моделирования работы когенерационной установки районной больницы.....	73
<i>Поливач Я. А.</i> Компьютерная модель работы холодильной компрессорной станции с рекуперацией тепловой энергии.....	74
<i>Прудникова В. Ю.</i> Компьютерное моделирование и визуализация системы защиты и управления водогрейным котлом.....	75
<i>Сакович А. А.</i> Анализ и прогнозирование риска развития сердечно-сосудистых заболеваний методами машинного обучения.	76
<i>Тагангылыджова З. Р., Жогаль С. И.</i> Об одной задаче выбора лидера группы разработчиков методом анализа иерархий.....	77
<i>Тищенко К. Г.</i> Построение целевой функции для организации автоматизации производства с переменной структурой.....	78
<i>Федосов Д. А., Жогаль С. П.</i> Исследование случайных колебаний в одной сложной квазилинейной системе методом канонических разложений.....	80
<i>Хакназаров Б., Гундина М. А.</i> Пространственное моделирование напряжений в окрестности вершины трещины.....	81
<i>Хоха Д. И., Ермак И. В.</i> Математико-статистическое моделирование роста ВВП Республики Беларусь с учётом технического прогресса.....	82
<i>Юхновская О. В., Пантелеев К. В.</i> Определение аномальных значений при анализе напряженно-деформированного состояния в окрестности трещины в материале.....	83
<i>Ясевич М. С.</i> Классификация минералов по структуре и оптическим свойствам с использованием нейро-сетевых технологий....	84
<i>Yiming Han, Komrakov V. V.</i> Research of mathematical model of 4-DOF robotic arm.....	85

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Прикладные программно-аппаратные системы

<i>Андрейчук Н. С.</i> Мобильное приложение для любителей рыбной ловли.....	87
<i>Багатыревич Е. В.</i> Архитектура системы локализации аудио контента.....	88

<i>Бондаренко И. А., Комраков В. В.</i> Распределённая система мониторинга микроклимата теплиц.....	89
<i>Борисевич Д. С.</i> Система автоматической сборки и тестирования программного обеспечения.....	90
<i>Гаманович А. А.</i> Разработка мобильного приложения для формирования кулинарных рецептов на основе анализа изображений ...	91
<i>Герасименко Д. А.</i> Экспорт данных в Excel на клиенте с использованием SheetJS.....	92
<i>Гирик А. В.</i> Интегральная оценка значимости фрагментов в системе интеллектуальной нарезки видео.....	93
<i>Гринченко М. А.</i> Модели и алгоритмы обнаружения аномальной активности программ в задачах проектирования систем информационной безопасности.....	94
<i>Грудницкий Д. А., Грицкова В. А.</i> Разработка игрового приложения “Mimo Journey” в жанре Roguelike.....	95
<i>Гундина М. А., Кондратьева Н. А.</i> Математическое моделирование стентов в Wolfram Mathematica.....	97
<i>Денис М. В.</i> Использование технологий искусственного интеллекта для автоматизации процесса ретопологии трехмерных объектов.....	98
<i>Дубров Д. О.</i> Программное обеспечение для контроля санитарного состояния учебных аудиторий.....	99
<i>Касьян Д. В.</i> Мобильная система мониторинга передвижных торговых точек.....	100
<i>Ковтунюк О. Р.</i> Система интеллектуального анализа данных для кластеризации товаров и оптимизации ценовой стратегии на маркетплейсах.....	101
<i>Колос И. М., Комраков В. В.</i> Разработка распределённой системы видеонаблюдения на базе модулей ESP32-CAM с применением гибридной архитектуры.....	102
<i>Конопацкий И. А.</i> Модели и алгоритмы обнаружения мошеннической активности в блокчейне путем анализа криптовалютных транзакций.....	103
<i>Кот М. А., Левчук Е. А.</i> Разработка системы финансового мониторинга с интеграцией Telegram API и методов интеллектуальной обработки информации.....	105
<i>Кречко А. П.</i> Разработка и внедрение политик антивирусной защиты в серверной инфраструктуре.....	106

<i>Крогаль К. Д., Комраков В. В.</i> Распределённая система телеметрии датчиков расстояния и драйверов шаговых двигателей.	107
<i>Крышней С. Ю.</i> Комплексная апрацюка аўдыёсігналаў для аналізу інтанацыйных контураў маўлення.....	108
<i>Крышней С. Ю.</i> Алгарытм перадачы суперсегментных фанетичных адзінак у праграма-апаратных сістэмах аналізу і сінтэзу маўлення.....	109
<i>Кудрявцева А. В., Шутько Н. П.</i> Стеганографическая защита визуального контента от генеративных нейросетей.....	111
<i>Лис Д. А., Шутько Н. П.</i> Эргономика и доступность мобильных веб-форм для пользователей с ограниченными возможностями	112
<i>Лобач С. С.</i> Разработка фреймворка для клиентской части одностраничных веб-приложений.....	113
<i>Малышко А. В.</i> Методы машинного обучения в задачах распознавания и построения цифровых моделей изометрических чертежей.....	114
<i>Мартыненко В. Р., Петручик В. М.</i> Исследование некоторых уравнений состояния реальных газов с помощью пакета компьютерной алгебры Mathematica.....	115
<i>Моляко Н. В.</i> Разработка автоматизированной информационной системы учёта лимитов питания сотрудников предприятия	116
<i>Назаров М. Д.</i> Разработка веб-приложения для 3-D визуализации и планировки жилых помещений.....	117
<i>Оскирко О. Г.</i> Исследование применения моделей искусственного интеллекта для анализа МРТ-изображений в диагностике инсульта.....	118
<i>Осовцова Д. С.</i> Разработка программного комплекса для первичного статистического анализа реальных временных рядов...	120
<i>Проскудин А. О., Комраков В. В.</i> Предикативная аналитика телеметрии с целью повышения надёжности оборудования.....	121
<i>Романчук В. Н.</i> Разработка корпоративной CRM-системы для малого бизнеса на платформе 1С: Предприятие 8.....	122
<i>Самусева Е. Л.</i> Автоматизированная система учета личных дел с функцией электронного дневника учащихся средней школы № 11 города Гомеля.....	123
<i>Сеноженский В. В., Комраков В. В.</i> Разработка распределённой системы телеметрии и адаптивного освещения на базе ESP32.....	124

<i>Степанов А. А., Левчук Е. А.</i> Разработка веб-приложения для обработки и суммаризации сложных текстов.....	125
<i>Стефаник К. Д.</i> Разработка веб-приложения для анализа техники упражнений на основе Pose Estimation с использованием TensorFlow.js.....	126
<i>Толкач М. Г.</i> Описание веб-приложения для сбора, отслеживания и анализа физических данных ребёнка для оценки его физического развития.....	127
<i>Фирсова Е. А., Телегина В. О., Преображенский А. П.</i> Исследование особенностей интеллектуальных алгоритмов маршрутизации	128
<i>Хальченя С. Н., Комракова Е. В.</i> Автоматизированная система оптимизации процессов несения службы в пожарном аварийно-спасательном отряде.....	129
<i>Чаплюк Е. А.</i> Система контроля и управления доступом предприятия как прикладной программно-аппаратной информационной системы.....	130
<i>Черняк А. С.</i> Автоматизация бизнес-процессов агентства недвижимости	131
<i>Шинкарук В. Г.</i> Программно-аппаратный комплекс охраны автомобиля на базе микроконтроллера ATmega.....	132
<i>Шпилевкая Ю. В., Левчук Е. А.</i> Разработка информационно-аналитической системы для мониторинга профессиональных компетенций.....	133
<i>Яковлев И. А.</i> Сравнительный анализ методов предобработки изображений для задач распознавания лиц.....	134
<i>Ясевич Д. Н.</i> Разработка веб-приложения для прогнозирования и анализа рынка жилья.....	135
<i>Harold F. B. Tate, Komrakov V. V.</i> An integrated mechatronic system for real-time AI-driven chess play: from visual perception to mechanical execution.....	137
<i>Cai Maodong</i> Design of pattern reconfigurable microstrip antenna based on characteristic mode analysis.....	138
<i>Wang Hao, Komrakov V. V.</i> Sensors, producer-consumer model and message broker in the ESP32-based IoT system for lubricating oil condition monitoring.....	139
<i>Zhang Nan, Komrakov V. V.</i> Architecture of wear prediction intelligent system.....	140

Информационные технологии в обучении

<i>Абчинец Д. Н., Невмержицкий С. Н.</i> Проектная деятельность в Scratch и 3D-моделирование как инструменты гражданского воспитания.....	141
<i>Ажанилок В. Е., Орлов В. В.</i> Разработка адаптивного веб-сайта для подготовки к централизованному тестированию	142
<i>Акбулатов Н. Ю.</i> Адаптивная квантизация обновлений в федеративном обучении для энергоэффективной персонализации мобильных приложений.....	143
<i>Андросенко К. Р., Ковалева И. Л.</i> Программный модуль для анализа данных об учебных изданиях и ЭУМК.....	144
<i>Банникова А. Е., Петрушкевич М. А.</i> Разработка интерактивной обучающей технологии на основе мультипликации и речевого интерфейса.....	145
<i>Богданович Е. Г.</i> Логический модуль методического проекта подготовки учащихся к интеллектуальным соревнованиям....	146
<i>Бокая Д. В.</i> Прототип интеллектуального тренажера для подготовки специалистов по базам данных.....	147
<i>Гаврилова М. Е., Дуленцова-Смишко В. Е., Гавриленко Д. С.</i> Основные подходы к разработке 3D-моделей.....	148
<i>Глушенок А. А., Асенчик О. Д.</i> Влияние сегментации текста на структуру генерируемой учебной программы в RAG-системах.	150
<i>Гуценков Н. В., Комраков В. В.</i> Архитектурные решения для повышения отказоустойчивости веб-систем образовательного тестирования.....	151
<i>Драчёв В. В.</i> Использование компьютерного зрения для проверки посещаемости.....	152
<i>Жернак Т. К.</i> Интеграция ИТ в математическое образование школьников.....	153
<i>Журо Д. В., Гавриловец Д. В., Гришанова В. П.</i> Разработка трёхмерной модели памятника клоуну Карандашу.....	154
<i>Журо К. П.</i> Инновационный цифровой инструмент в обучении английскому языку.....	155
<i>Залевский В. А.</i> Разрабатываемое веб-приложение для изучения базовых правил шахмат.....	156
<i>Зернова А. В.</i> Разработка интерактивного задачника по олимпиадной математике.....	158

<i>Ильюшкин Т. А.</i> Разработка Android-приложения для мониторинга показателей состояния здоровья студентов.....	159
<i>Кашикар К. Е., Орлов В. В.</i> Разработка автоматизированной веб-платформы для генерации тестов на основе искусственного интеллекта.....	160
<i>Крук А. В.</i> Методика использования 3D-моделирования в изучении стереометрии.....	161
<i>Куксёнок К. Е., Комраков В. В.</i> Семантический поиск в документации, связанной с организацией учебного процесса.....	162
<i>Куранков Д. Д.</i> Информационные технологии в математическом образовании.....	163
<i>Кучинская Е. М., Нарожник А. В.</i> Нейросетевые технологии в системе автоматизированного контроля письменных работ....	164
<i>Лис Д. А., Сидорик Я. А.</i> Влияние элементов геймификации на учебную мотивацию студентов.....	165
<i>Миронова Ю. С.</i> Программная система учета методического обеспечения кафедры «Информатика».....	166
<i>Михалевич А. Р.</i> Разработка и внедрение системы автоматизированного развертывания и хостинга учебных веб-приложений на основе технологий контейнеризации.....	167
<i>Петрушкевич М. А., Банникова А. Е.</i> Использование мультимедийного контента и речевого интерфейса в интерактивных обучающих технологиях.....	168
<i>Пошьева А. Т., Мироненко В. В.</i> О применении искусственного интеллекта в обучении в высшей школе.....	169
<i>Рыбникова А. Э., Лубочкин А. В.</i> Мобильное интерактивное обучающее приложение по математике и информатике.....	170
<i>Седко В. Б.</i> Методика применения информационных технологий при изучении математики.....	171
<i>Сивцов Р. Ю.</i> Нагрузочное тестирование в распределенных системах.....	172
<i>Силков А. В., Орлов В. В.</i> Проектирование и разработка веб-сайта для подготовки к ЦТ по математике.....	173
<i>Скляр М. А.</i> Применение интеллектуального анализа данных в образовательном процессе.....	174
<i>Тищенко А. В.</i> Web-приложение для адаптации иностранных студентов в ГГТУ имени П. О. Сухого.....	175
<i>Тищенко Г. А., Короткевич В. А.</i> Разработка web-приложения «SQL-тренажёр».....	176

<i>Тропец А. А.</i> Семантический поиск актуальной информации о специализации языковых моделей нейронных сетей.....	178
<i>Тюшляев С. А.</i> Нейросетевые технологии в цифровой образовательной среде.....	179
<i>Чернокал Д. С.</i> Этапы создания игрового приложения «Шашки»	180
<i>Шаблинский Д. А.</i> Оценка эффективности RAG-архитектуры для повышения достоверности генерации учебного контента..	181
<i>Шаматенко Д. М.</i> Разработка модели прецедентов для рецензирования и продвижения литературных произведений начинающих авторов.....	182
<i>Шепелюк М. С.</i> Применение искусственного интеллекта в разработке открытых образовательных ресурсов.....	183

Применение информационных технологий в экономике и управлении

<i>Бакун Е. Н.</i> Информационная поддержка системы менеджмента качества учреждения образования.....	185
<i>Барановский Д. А.</i> Разработка веб-приложения для автоматизации продаж и управления заказами магазина кондитерских изделий...	186
<i>Богданович М. Д.</i> Использование блокчейна при разработке web-приложения для учёта пожертвований в детский фонд....	187
<i>Бондаревич Б. А., Ковалева И. Л.</i> Автоматизированная система выгрузки, обработки и представления данных о продажах.....	188
<i>Боровская Д. Г.</i> Разработка серверной части интерактивной карты торговых объектов Гродненской области.....	189
<i>Вдовенко К. О.</i> Цифровые платформы и сетевые взаимодействия в управлении персоналом.....	190
<i>Гавруто Г. В.</i> Прогностическая аналитика удержания персонала	191
<i>Галчинский О. В., Ленденкова С. И.</i> Разработка веб-приложения для управления закупками и договорами в организации...	192
<i>Гнилякевич Д. Л.</i> Социальная значимость цифровой актуализации туристических маршрутов в малых населенных пунктах в контексте soft-туризма.....	193
<i>Грамыко В. А., Комраков В. В.</i> Разработка интеллектуального генератора договоров и коммерческих предложений на основе шаблонов с использованием технологий искусственного интеллекта	194

<i>Гузов Е. С.</i> Разработка пользовательской части сайта конференции «От Альфа к Омеге...» с функцией генерации сертификатов	195
<i>Даник Н. С.</i> Проектирование и реализация веб-приложения для автоматизации работы интернет-провайдера с клиентами.	196
<i>Данькова Е. Г., Войтешенко И. С.</i> Программная система обеспечения эффективного функционирования сервиса краткосрочной аренды электросамокатов.....	198
<i>Демидов Д. А., Якубович О. В.</i> Волновая теория Эллиотта.....	199
<i>Дубенец Д. Д.</i> Применение методов анализа данных для прогнозирования экономических показателей предприятия.....	200
<i>Дудин Д. Д., Комраков В. В.</i> Разработка интеллектуальной системы поиска и анализа патентной документации на основе архитектуры RAG.....	201
<i>Емельянов С. В., Писпанен М. А.</i> Разработка веб-приложения для учета личных финансов с использованием Spring Boot.....	202
<i>Зубрик А. А.</i> Прогнозирование проектных рисков на краудфандинговой платформе с использованием машинного обучения..	203
<i>Зубцова М. Д.</i> Исследование взаимосвязи доходностей сырьевых товаров и валютных курсов стран Центральной Азии.....	204
<i>Калиниченко В. А.</i> Проектирование клиент-серверной архитектуры системы управления инцидентами в электросетях на базе Telegram.....	205
<i>Ковальков Р. В., Ковалева И. Л.</i> Программные решения для обеспечения безопасности CRM-системы.....	206
<i>Ладик А. В.</i> Мобильная система учета питания учащихся: автоматизация и аналитика.....	207
<i>Лапицкая А. И., Комракова Е. В.</i> Веб-приложение для учета рабочего времени и управления проектами с функцией аналитики и биллинга.....	208
<i>Лозичный А. С., Ковалева И. Л.</i> Программный модуль для оценки адаптационного потенциала библиотекаря.....	209
<i>Лозко В. Н.</i> Управление цифровой трансформацией микроэлектронной отрасли Беларуси: экономические результаты и перспективы.....	210
<i>Малевич Е. А.</i> Агрегатор фриланс-услуг как инструмент оптимизации цифрового рынка труда.....	211
<i>Малявко П. В.</i> Методологические подходы к оценке эффективности применения технологий Big Data и искусственного интеллекта в управлении маркетинговой деятельностью организации	213

<i>Мохов Г. Г.</i> Система помощи принятия решений в экономическом управлении.....	214
<i>Попелковский И. Д., Ковалева И. Л.</i> Программное средство для видеомониторинга оборудования в аудитории.....	215
<i>Пыргарь А. В., Ружицкая Е. А.</i> Разработка web-приложения по учету брака на производстве в СОДО «Тимберлэнд».....	216
<i>Резчиков М. А.</i> Разработка веб-системы управления регистрацией и организацией научной конференции на основе Node.js и PostgreSQL.....	217
<i>Сакович А. А.</i> Прогнозирование рыночной стоимости ноутбуков с использованием нейросетевых технологий.....	218
<i>Самусик М. А., Ковалева И. Л.</i> Программное средство для интеграции платёжных сервисов в CRM-систему.....	219
<i>Станевская Я. А.</i> Применение информационных технологий для управления качеством обучения в образовании.....	220
<i>Точилкин П. С., Близнец И. В.</i> Разработка web-приложения «Интернет-магазин PULSAR».....	221
<i>Ушаков А. А., Писпанен М. А.</i> Разработка веб-сервиса для интеллектуального анализа рынка труда и прогнозирования уровня заработных плат с использованием Big Data.....	222
<i>Филипенко Д. А., Грицкова В. А.</i> Разработка многофункционального web-приложения для анализа криптовалют.....	223
<i>Филон А. И.</i> Интернет-мониторинг работы сердца с использованием микроконтроллера ESP32.....	223
<i>Фролова И. А., Левчук Е. А.</i> Проектирование и разработка системы управления кредитными заявками и аналитикой для банковского персонала.....	224
<i>Хваль Ю. В.</i> Модифицированный алгоритм решения задачи о рюкзаке для систем бронирования.....	225
<i>Ходанович Я. П.</i> Разработка веб-приложения «Магазин игрушек».....	226
<i>Цитович С. А., Бычков П. В.</i> Разработка веб-приложения по контролю и учёту товаров на складе.....	227
<i>Шестаков М. Е.</i> Программный комплекс «1С: Предприятие 8» как пример импортозамещения в сфере ИТ, обслуживающих экономические процессы.....	228
<i>Шини Д. С.</i> Автоматизация процесса онбординга для новых сотрудников в ИТ-компаниях.....	230
<i>Школьникова А. А., Грицкова В. А.</i> Разработка web-приложения «Личный финансовый кошелек».....	231

<i>Шумель К. В.</i> Методы отличия синтетических изображений...	232
<i>Янукевич В. В.</i> Разработка гибридной рекомендательной системы для маркетплейса.....	233
<i>Ivanovich N. A.</i> Personnel informational hygiene as a way of reducing organization's costs.....	234
<i>Kilolo A. M., Komrakova E. V.</i> Application for automation of menu creation taking into account individual needs.....	235
<i>Li Mingxuan</i> Development of a web application for a chinese medicine office.....	236
<i>Li Zongxuan</i> Development of a student management system.....	237
<i>Liu W.</i> Development of financial ERP-system.....	238

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>Адашкевич М. С.</i> Применение глубокого обучения для идентификации визуальных дефектов в системах автоматизированного технического контроля.....	240
<i>Байко А. В.</i> Автоматизация развёртывания программного обеспечения фриланс-биржи на основе CI/CD.....	241
<i>Баранов А. М., Андреевец Ю. А.</i> Автоматическое регулирование температуры в закрытом контуре гидростатической трансмиссии.	242
<i>Бокая Д. В., Комраков В. В.</i> Концепция системы прогнозирования безопасной работы оборудования ГРП на основе мониторинга состояния арматуры.....	243
<i>Васильев А. О.</i> Принцип «верифицируемого гибридного контейнера» в анализе данных.....	244
<i>Гришкова М. А., Закревская В. С.</i> Разработка веб-приложения для кондитерской «Сладкие традиции».....	245
<i>Дыба П. И.</i> Автоматизация процессов пентеста информационных систем.....	246
<i>Езепенко Р. О.</i> Программный комплекс для интеграции и семантического обогащения ресурсов предприятия на основе онтологических моделей.....	247
<i>Зайцев Г. А., Орлов В. В.</i> Приложение для управления заявками в подразделениях организации.....	248

<i>Запольский А. Е.</i> Анализ нормативной базы противокоррозийной защиты подземных магистральных нефтепроводов.....	249
<i>Запольский А. Е., Дерябин Е. В.</i> Цифровая коротковолновая радиосвязь для телеметрии станций катодной защиты.....	250
<i>Заяц К. В.</i> Способы автоматизации подготовки данных к анализу	251
<i>Какушкина В. А., Закревская В. С.</i> Разработка автоматизированной системы управления базой данных авиакомпания.....	253
<i>Клемятич В. Д., Ковалева И. Л.</i> Оптимизации маршрута сварочного робота.....	254
<i>Кольчев Н. С., Стефановский И. Л.</i> Разработка информационной системы регистрации лабораторных испытаний сталепроволочного цеха.....	255
<i>Кольчук Н. А.</i> Особенности применения систем для автоматизации производственных процессов в бизнес-среде.....	256
<i>Леонович Е. В.</i> Применение ArUco-маркеров для трекинга положения экструдера в системах контроля качества 3D-печати	257
<i>Мартынов В. Ю.</i> Разработка системы предиктивного обслуживания промышленного оборудования на основе спектрального анализа в среде «1С: Предприятие 8.3».....	258
<i>Метлицкая Е. Д.</i> Проектирование системы безопасности технического объекта с прилегающей территорией.....	259
<i>Пантюшечкин М. И.</i> Концепция «цифрового гомеостаза» как целевая модель управления производственной системой.....	260
<i>Паценко В. В.</i> Автоматизация бизнес-процессов ремесленников	261
<i>Петренко В. А., Закревская В. С.</i> Разработка приложения «Автоматизированная система управления базой данных театра»..	262
<i>Пинчукова В. А., Комракова Е. В.</i> Автоматизация управления медиа-контентом в производственных ERP-системах с использованием объектного хранения данных.....	263
<i>Рабкина И. А.</i> Программная система интеллектуального планирования работы сервисных инженеров центра обслуживания офисной техники.....	264
<i>Ракович Д. А., Грицкова В. А.</i> Разработка web-приложения для онлайн-заказа и доставки еды.....	265
<i>Рацыбовская К. О., Грицкова В. А.</i> Разработка web-приложения курортно-оздоровительного комплекса.....	266
<i>Роденков И. А.</i> Компьютерное зрение в анализе медицинских изображений: кейс болезни Паркинсона.....	268

<i>Романович А. А., Грицкова В. А.</i> Разработка web-приложения «Мир флористики».....	269
<i>Селецкая В. А.</i> Автоматизированная система оперативной аналитики производственных показателей.....	270
<i>Синица Г. В.</i> Умный магазин: от данных о перемещениях покупателей на основе компьютерного зрения к оптимизации бизнес-процессов.....	271
<i>Тураев С. А.</i> Автоматизация производственных процессов на основе веб-серверов, интеграций API и инфраструктуры для надежной эксплуатации.....	272
<i>Турович Е. В.</i> Программный комплекс мониторинга работы газового оборудования РПУП «ГомельГаз».....	273
<i>Тюрин О. С.</i> Автоматизированная система учета материальных ресурсов на базе 1С.....	274
<i>Усов Д. С.</i> Применение автоматизации для мониторинга оборудования и сбора параметров.....	275
<i>Филинович П. А.</i> Проектирование системы автоматизированного управления процессами мебельного производства.....	276
<i>Целков И. В.</i> Реализация системы подсчёта пассажиров на основе алгоритма YOLO в задачах видеомониторинга транспорта	277
<i>Шевцов Е. А., Стефановский И. Л.</i> Разработка информационной системы автоматизации рабочего места инженера по охране труда.....	278

Научное издание

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

Материалы XXIX Республиканской научной конференции
студентов и аспирантов
(Гомель, 23–25 марта 2026 года)

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *С. И. Ленденкова*

Подписано в печать 03.06.2026. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 17,21. Уч.-изд. л. 18,81.
Тираж 10 экз. Заказ 335.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий в качестве:
издателя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013 г.;
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017 г.
Ул. Советская. 104. 246028, Гомель.