

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ

ВОЛГОГРАДСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНФОРМАТИКИ
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Выпуск 2

№ 2(28) Межвузовский сборник научных статей 2007
Издается с января 2004 г.

РПК
"Политехник"
Волгоград
2007

Учредитель: ГОУ высшего профессионального образования
"Волгоградский государственный технический университет"

Сборник зарегистрирован в Нижне-Волжском межрегиональном территориальном управлении
Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
ПИ № 9-0631 от 19 февраля 2004 г.

Главный редактор сборника "Известия ВолгГТУ"

д-р хим. наук, проф. член-корр. РАН *И. А. Новаков*

Редакционная коллегия серии: д-р техн. наук проф. *В. А. Камаев* (научный редактор),
д-р техн. наук проф. *В. И. Аверченков*,
д-р техн. наук проф. *О. Н. Андрейчикова*,
д-р физ.-мат. наук проф. *В. П. Багмутов*,
д-р техн. наук проф. *А. М. Бершальский*,
д-р техн. наук проф. *А. Н. Бутенко*,
д-р техн. наук проф. *Г. Д. Волкова*,
д-р техн. наук проф. *А. С. Горобцо*,
д-р техн. наук проф. *А. М. Дворянкин*,
д-р техн. наук проф. *А. В. Заболева-Зотова*,
д-р техн. наук проф. *В. М. Курейчик*,
д-р техн. наук проф. *В. С. Лукьянов*,
д-р техн. наук проф. *Ю. П. Муха*,
д-р техн. наук проф. *Г. Т. Тарабрин*,
д-р техн. наук проф. *А. Н. Шилин*,
д-р техн. наук проф. *С. А. Фоменков* (ответственный секретарь)

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Известия Волгоградского государственного технического университета:
межвуз. сб. науч. ст. № 2(28) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 124 с. – [Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып. 2].

ISSN 1990-5297

Содержит работы ученых высших учебных заведений России по следующей тематике: математическое моделирование и численные методы, системный анализ и обработка информации, управление в социальных и экономических системах, автоматизированное проектирование, построение сетей и защита информации.

Ил. 82. Табл. 13. Библиогр.: 156 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

<i>Голованчиков А. Б., Ильина Л. А., Дулькина Н. А.</i> Вращательно-поступательное кольцевое движение двух несмещающихся жидкостей в трубе.....	5
<i>Гончаров А. А.</i> О статической прочности клиновых механизмов свободного хода.....	8
<i>Стрельников О. И., Андреев А. Е., Андреева М. И., Егунов В. А.</i> Расширение стандартных математических библиотек для поддержки реконфигурируемых вычислителей.....	13
<i>Стрельников О. И., Андреев А. Е., Егунов В. А.</i> Разработка высокопроизводительных вычислительных систем с использованием реконфигурируемых вычислителей.....	15
<i>Тарабрин Г. Т., Левцанова Л. Л.</i> Концентрация напряжений около кругового отверстия в пластине, подкрепленного радиальными стержнями.....	18
<i>Холодов А. Ю., Зарипов Р. М.</i> Метод рекуррентной нагрузки разрезов вероятностного графа для систем массового обслуживания (СМО) с циклической дисциплиной прохождения.....	21
<i>Щербаков М. В., Щербакова Н. Л.</i> Сравнение моделей аппроксимации безразмерной радиальной скорости течения жидкостей во вращающихся криволинейных каналах.....	25

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

<i>Бердник В. Л., Заболеева-Зотова А. В.</i> Задача идентификации сущности заданной слабоструктурированным текстом..	27
<i>Дербишер Е. В., Гермашев И. В., Дербишер В. Е.</i> Анализ свойств ингредиентов полимерных композиций с использованием нечетких множеств.....	29
<i>Ефремова С. А., Кетат Л. В., Дербишер В. Е.</i> Моделирование вязания сложных деталей трикотажных изделий для создания автоматизированного рабочего места технолога.....	32
<i>Жукова И. Г., Дворянкин А. М., Сипливая М. Б., Аникин А. В.</i> Поиск и интеграция разнородных распределенных образовательных ресурсов на основе онтологических моделей.....	35
<i>Заболеева-Зотова А. В., Лягин И. Д.</i> Транслятор графического изображения в музыкальное произведение.....	37
<i>Заболеева-Зотова А. В., Орлова Ю. А.</i> Моделирование лексического анализа текста технического задания.....	40
<i>Кудряшов П. П., Фоменков С. А.</i> Гибридный алгоритм распознавания человеческих лиц на цифровых изображениях.....	44
<i>Нагров В. В.</i> Определение целей и функций системы когнитивного моделирования объекта защиты.....	48
<i>Олейников Д. П., Бутенко Л. Н.</i> Использование принципа полярности для синтеза новых методов принятия решений.....	50
<i>Олейников С. П., Олейников Д. П., Бутенко Л. Н.</i> Применение процедур вербального анализа решений для ранжирования вариантов в условиях неполноты информации.....	53

<i>Привалов О. О., Бутенко Л. Н.</i> Алгоритм автоматического препарирования графического изображения для выделения клеток периферической крови.....	56
<i>Привалов О. О., Бутенко Л. Н.</i> Методика автоматизированного анализа морфологических характеристик клеток периферической крови.....	59
<i>Цыканова М. А., Бутенко Л. Н.</i> Объектно-ориентированный фонд эвристических приемов для проектирования аппаратов химико-технологических систем.....	61
<i>Шиловский О. А., Давыдов Д. А.</i> Разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений в задачах управления вузом.....	63
УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	
<i>Воробкалов П. Н., Шабалина О. А.</i> Управление качеством процесса разработки адаптивных обучающих систем с использованием многослойного подхода.....	66
<i>Заболеева-Зотова А. В., Прохоров И. В.</i> Проблемы доступности сайтов для людей с ограничениями по зрению.....	69
<i>Комарцова Л. Г., Воеводин Ю. Ю.</i> Локальная метапоисковая система для повышения эффективности обучения.....	72
<i>Крушель Е. Г., Панфилов А. Э., Семенов В. Г.</i> Компьютерная поддержка обучения студентов-системотехников основам проектирования АСОиУ.....	75
<i>Кудряшова Э. Е.</i> Прогнозирование динамики развития рынка недвижимости на нейросети.....	78
<i>Петрова Т. М.</i> Технологическое обеспечение процесса подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике.....	81
<i>Савкин А. Н., Декатов Д. Е., Захаров Е. А., Крохалев А. В.</i> Реализация дистанционных технологий для совершенствования процесса заочного обучения в Волгоградском государственном техническом университете	84
<i>Садовникова Н. П.</i> Проектирование интерактивной компьютерной деловой игры "Динамическое планирование производственной деятельности предприятия".....	88
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
<i>Герасимов А. М., Колчин П. А., Фоменков С. А.</i> Система формирования поисковых запросов к базе данных по физическим эффектам.....	91
<i>Давыдова С. В., Давыдов Д. А., Фоменков С. А.</i> Устройство и принципы действия систем оптической памяти на примере голографических запоминающих устройств.....	93
<i>Кандырин Ю. В., Московский А. Е., Шкурина Г. Л.</i> Методика формирования оптимальных очередей ремонтов по техническим характеристикам объектов.....	98
<i>Ладыгин Д. О.</i> Модель представления знаний о вибрациях в виде вибрационного эффекта; перспективы применения.....	102
<i>Сипливая М. Б., Жукова И. Г., Дворянкин А. М., Сливин Р. Ю.</i> Применение технологии рассуждений по прецедентам при проведении конечно-элементного анализа контактных задач.....	104
<i>Шевчук В. П., Матыченко М. А., Капля Е. В., Пронкина Ю. Н., Адаменко А. Н., Радына В. Н.</i> Концептуальное проектирование интеллектуальных измерительных систем неразрушающего контроля.....	109
ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ	
<i>Быков Д. В., Лукьянов В. С.</i> Особенности реализации протокола диалога TLS с использованием отечественных стандартов шифрования.....	116
<i>Лукьянов В. С., Скакунов А. В.</i> Проблемы организации международного электронного документооборота.....	119
<i>Скакунов А. В.</i> Управление информационным потоком и балансировка нагрузка в сети с УЦ....	120

УДК 622.692.4

А. Б. Голованчиков, Л. А. Ильина, Н. А. Дулькина
**ВРАЩАТЕЛЬНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ КОЛЬЦЕВОЕ ДВИЖЕНИЕ
 ДВУХ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБЕ**

Волгоградский государственный технический университет (golovanchikov@vstu.ru, ila0808@yahoo.com, dnataly@mail.ru)

Рассмотрена гидродинамика вращательного и поступательного движения двух вязких жидкостей. Найлены зависимости расходов и энергозатрат от давления и скорости вращения.

Ключевые слова: вязкая жидкость, течение в трубе, давление, расход, энергозатраты.

A. B. Golovanchikov, L. A. Ilina, N. A. Dulkina
ROTATIONALLY-ADVANCING CIRCULAR MOVING OF TWO IMMISCIBLE LIQUIDS IN A TUBE

The hydrodynamics of rotational and advancing moving of two viscous fluids has been expected. A dependence of expenditure and power inputs on pressure and a rotation speed has been found.

Viscous fluid, flow in a tube, pressure, expenditure, power inputs.

Для уменьшения гидравлического сопротивления трубопровода при перекачивании по нему высоковязких жидкостей (нефтей, масел, продуктов нефтепереработки, растворов полимеров и др.) в пристенную кольцевую зону подают маловязкую жидкость или газ, нерастворимую в основном потоке [1–4]. В этом случае гидравлическое сопротивление может снижаться в десять и более раз.

Основной проблемой такого кольцевого течения двух несмешивающихся жидкостей является неустойчивость границы раздела фаз, перемешивание между собой обеих жидкостей, превращающееся со временем в эмульсию или пену, что приводит к значительному возрастанию гидравлического сопротивления.

Чтобы создать устойчивое кольцевое течение маловязкой жидкости в пристенном слое, можно поступить следующим образом: выбрать в качестве маловязкой среды жидкость, плотность которой выше плотности основной перекачиваемой жидкости и весь поток периодически закручивать. В этом случае, помимо поступательного, поток приобретает вращательное движение, в поле действия центробежных сил которого происходит разделение тяжелой маловязкой пристенной жидкости и легкого основного потока. Маловязкая жидкость, при этом, прижимается к стенкам трубы, и ее кольцевой слой приобретает дополнительную устойчивость.

Схема вращательного и поступательного кольцевого движения двух несмешивающихся жидкостей представлена на рис. 1 и 2.

Рассмотрим кинетические, динамические и энергетические параметры двухслойного

кольцевого вращательно-поступательного движения в трубе.

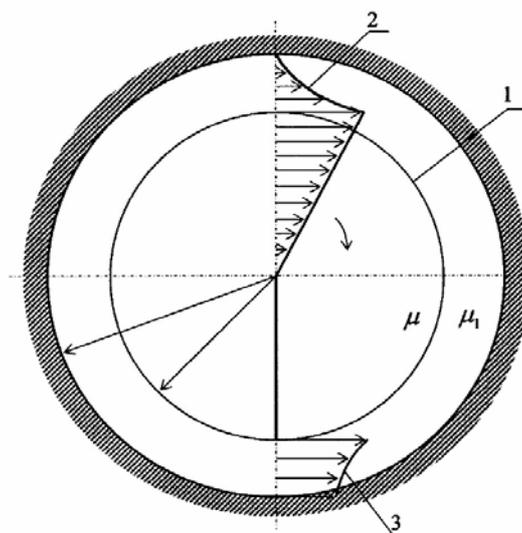


Рис. 1. Поперечный разрез:
 1 – окружность раздела слоев радиуса R ; 2 – эпюра скоростей V_{φ} вращательного движения; 3 – эпюра касательных напряжений $\tau_{r\varphi}$ вращательного движения

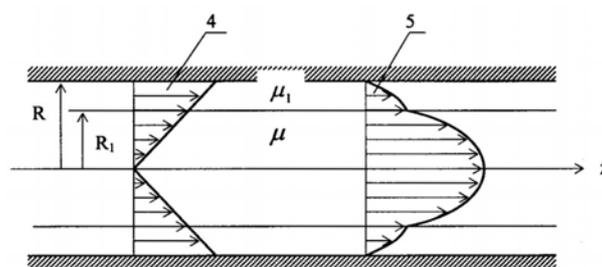


Рис. 2. Продольный разрез:
 4 – эпюра касательных напряжений τ_{rz} поступательного движения; 5 – эпюра скоростей V_z поступательного движения

Целесообразно для уменьшения энергозатрат и во избежание турбулизации потока жидкости, особенно вблизи границы раздела, основной поток вращать как твердое тело с постоянной угловой скоростью $\omega_0 = \frac{dv_\phi}{dr}$.

В цилиндрической системе координат для основной вязкой жидкости касательные напряжения $\tau_{r\phi}$ определяются выражением [5, 6]:

$$\tau_{r\phi} = -\mu \left(\frac{dv_\phi}{dr} - \frac{v_\phi}{r} \right),$$

где μ – вязкость основной жидкости;

v_ϕ – скорость вращательного движения.

Так как $v_\phi = \omega \cdot r$, то $\tau_{r\phi} = 0$, то есть касательные напряжения в основном потоке при его вращении отсутствуют и диссипация энергии основного потока при вращении равна нулю.

Для пограничной жидкости вязкости μ_1

$$\tau_{r\phi} = -\mu_1 \left(r \frac{d\omega}{dr} + \omega - \frac{v_\phi}{r} \right),$$

то есть
$$\tau_{r\phi} = -\mu_1 r \frac{d\omega}{dr}. \quad (1)$$

Из системы дифференциальных уравнений движения в напряжениях для цилиндрической системы координат следует [6]: $\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \tau_{r\phi}) = 0$,

или $\tau_{r\phi} r^2 = \text{const}$, что характеризует постоянство крутящего момента M по любому значению r :

$$M = 2\pi l r^2 \tau_{r\phi}, \quad (2)$$

где l – длина трубопровода.

Подставляя значение $\tau_{r\phi}$ из уравнения (1) в формулу (2), после разделения переменных и интегрирования, с учетом граничных условий: $r = R$, $\omega = 0$, получаем на границе раздела слоев $r = R_1$:

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 &= \frac{M}{4\pi l \mu_1} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R^2} \right); \\ v_\phi &= \frac{M R_1}{4\pi l \mu_1} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R^2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Определим потери мощности во вращающемся маловязком пограничном кольцевом слое.

Диссипация энергии $D_{\phi 1}$ вращательного движения в единицу времени на единицу длины трубы в дифференциальном виде представляется выражением

$$dD_{\phi 1} = d \left(\frac{M\omega}{l} \right). \quad (4)$$

С учетом уравнений (1) и (2) после разделения переменных получим

$$d\omega = -\frac{M}{2\pi l \mu_1} \frac{dr}{r^3}.$$

Тогда дифференциальное уравнение (4) приводится к виду

$$dD_{\phi 1} = -\frac{M^2}{2\pi l^2 \mu_1} \frac{dr}{r^3},$$

которое после интегрирования в пределах от R_1 до R принимает вид

$$D_{\phi 1} = \frac{M^2}{4\pi l^2 \mu_1} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R^2} \right),$$

или с учетом первого уравнения системы (3)

$$D_{\phi 1} = \frac{4\pi \mu_1 \omega_0^2}{\left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R^2} \right)}. \quad (5)$$

Для сравнения диссипации энергии вращательного и осевого течения определим потери энергии в единицу времени на единицу длины при движении обеих жидкостей вдоль трубопровода (рис. 2).

Элементарные потери мощности D_z на единицу длины трубы при осевом движении основной жидкости

$$dD_z = \tau_{rz} \frac{dv_z}{dr} 2\pi r dr = \frac{\tau_{rz}^2}{\mu} 2\pi r dr, \quad (6)$$

где τ_{rz} – касательные напряжения продольного движения;

v_z – скорость продольного движения.

Так как в трубопроводе при перепаде давлений Δp : $\tau_{rz} = -\frac{\Delta p}{2l} r$ то, подставляя значение

τ_{rz} в дифференциальное уравнение диссипации энергии (6), получаем

$$dD_z = \left(\frac{\Delta p}{2l} \right)^2 \frac{2\pi r^3 dr}{\mu}.$$

После интегрирования последнего уравнения для основного потока в пределах от нуля до R_1 и маловязкой пограничной жидкости в пределах от R_1 до R получаем

$$\left. \begin{aligned} D_z &= \frac{\pi}{8} \left(\frac{\Delta p}{l} \right)^2 \frac{R_1^4}{\mu}; \\ D_{z1} &= \frac{\pi}{8} \left(\frac{\Delta p}{l} \right)^2 \frac{R^4 - R_1^4}{\mu_1}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Рассчитаем кинетическую энергию осевого и вращательного движения каждого слоя жидкости.

Кинетическая энергия E_z элементарного кольцевого слоя основного потока жидкости вдоль оси z длиной l в дифференциальном виде

$$dE_z = \frac{\rho 2\pi r l dr v_z^2}{2} \quad (8)$$

Профили скорости v_z при кольцевом движении двух несмешивающихся вязких жидкостей в трубе описываются уравнениями

$$\left. \begin{aligned} v_z &= \left(\frac{1}{4} \frac{\Delta p}{l} \right) \left[\frac{R^2 - R_1^2}{\mu_1} + \frac{R_1^2 - r^2}{\mu} \right]; 0 \leq r \leq R_1; \\ v_{z1} &= \left(\frac{1}{4} \frac{\Delta p}{l} \right) \frac{R^2}{\mu_1} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]; R_1 \leq r \leq R. \end{aligned} \right\} (9)$$

Подставляя в уравнение (8) значение v_z из системы уравнений (9), после интегрирования получаем

$$\left. \begin{aligned} E_z &= \pi \rho l \left(\frac{1}{4} \frac{\Delta p}{l} \right)^2 \left[\left(\frac{R^2 - R_1^2}{\mu_1} \right)^2 \frac{R_1^2}{2} + \frac{(R^2 - R_1^2) R_1^4}{\mu_1 \mu} + \frac{R_1^6}{6 \mu_1^2} \right]; \\ E_{z1} &= \pi \rho_1 l \left(\frac{\Delta p}{4 l \mu_1} \right)^2 \left[\frac{R^2 R_1^4 - R^4 R_1^2}{2} + \frac{R^6 - R_1^6}{6} \right], \end{aligned} \right\} (10)$$

где ρ – плотность основной жидкости, ρ_1 – плотность пограничной жидкости.

Кинетическая энергия E_ϕ элементарного кольцевого слоя вращательного движения в дифференциальном виде представляется выражением

$$dE_\phi = \frac{\rho 2\pi r l dr (\omega r^2)^2}{2}.$$

После интегрирования в пределах от 0 до R_1 получим выражение

$$E_\phi = \frac{\pi \rho l \omega_0^2 R_1^4}{4} \quad (11)$$

Аналогично для пограничного потока маловязкой жидкости с учетом профиля скорости (3) получим

$$E_{\phi 1} = \pi \rho_1 l \left[\frac{\omega_0}{\left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R^2} \right)} \right]^2 \left\{ \ln \frac{R}{R_1} - \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{R_1}{R} \right)^2 \right] \right\} \quad (12)$$

Результаты расчетов по уравнениям (5), (7) и (9)–(12) приведены на рис. 3.

Алгоритм расчетов был следующим:

1. Задается радиус трубопровода $R = 0.25$ м и длиной $l = 1000$ м при вязкости основной жидкости $\mu = 0.52$ Пас, вязкости пограничной

жидкости (воды) $\mu_1 = 0.001$ Пас, расходе основной жидкости $q = 0.2$ м³/с, плотности основной жидкости $\rho = 900$ кг/м³ и плотности воды $\rho_1 = 1000$ кг/м³.

2. Для перевода диссипативной энергии формул (5) и (7) в затраты энергии на длине $l = 1000$ м, приходящиеся на каждый кубометр основной жидкости, их правые части надо умножить на длину и разделить на расход основной жидкости, при этом угловая скорость вращения потока выбирается так, чтобы центробежное ускорение было в 2 раза больше ускорения свободного падения $\frac{\omega_0^2 R}{g} = 2$.

3. Для перевода кинетической энергии формул (10), (11) и (12) в затраты энергии каждого кубометра перекачиваемой жидкости их правые части надо разделить на объем основной жидкости в трубопроводе $V = \frac{\pi R_1^2}{4} l$.

4. Находятся параметры при течении только высоковязкой жидкости в трубе ($R_1 = R$) и при двухслойном течении, когда толщина пограничного слоя маловязкой жидкости составляет 1 % радиуса трубы ($R_1 / R = 0.99$).

Кинетическая энергия, приходящаяся на 1 м³ перекачиваемой жидкости, не зависит от длины трубопровода и уже на длине 1000 м составляет около 13 % всей затрачиваемой энергии. На 10 км ее доля уменьшается в 10 раз, то есть в трубопроводах большой длины затратами кинетической энергии на продольное течение и вращение обеих жидкостей можно пренебречь.

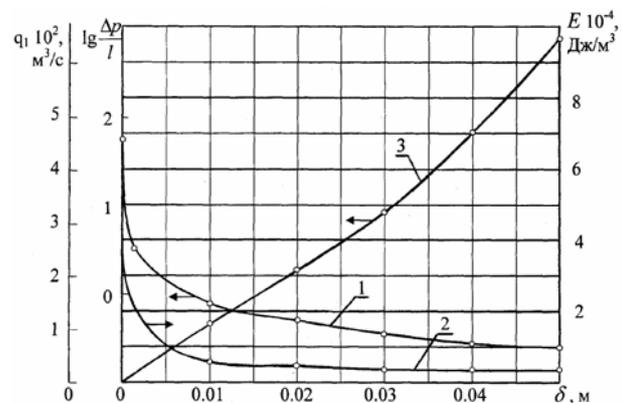


Рис. 3. Зависимость градиента давления (1), удельной энергии (2) и расхода воды (3) в пограничном слое от толщины пограничного слоя

На основании математического моделирования сложного вращательно-поступательного движения двух несмешивающихся жидкостей в трубе показано, что при перекачивании высоковязкой легкой жидкости, например нефти, с маловязким водяным пограничным слоем затраты энергии могут быть уменьшены в 3 и более раз, а гидравлическое сопротивление в 20 раз по сравнению с традиционным способом перекачивания нефти по трубопроводу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алиев, Р. А. Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. для вузов [Текст] / Р. А. Алиев, В. Д. Белосусов, А. Г. Немудров и др. – М.: Недра, 1988. – 368 с.

2. Голованчиков, А.Б. Математическое моделирование изобретений в химической технологии: учеб. пособие [Текст] / А. Б. Голованчиков, Н. В. Тябин. – Волгоград: Волгоградская правда, 1987. – 110 с.

3. А.с. 1009943 СССР. Способ напорного гидротранспорта грузов по трубопроводу [Текст] / Чуфаровский А. И., Марченков В. П., Мухин Н. А., Ахременко А. И., Шохнин В. Н.; опубл. 1983, Бюл. № 13.

4. А.с. 566978 СССР. Устройство для уменьшения гидравлических потерь в трубопроводе [Текст] / Попов И. К.; опубл. 1977, Бюл. № 28.

5. Белкин, И. А. Ротационные приборы [Текст] / И. А. Белкин, Г. В. Виноградов, А. И. Леонов. – М.: Машиностроение, 1968. – 272 с.

6. Торнер, Р. В. Основные процессы переработки полимеров. Теория и методы расчета [Текст] / Р. В. Торнер. – М.: Химия, 1972. – 456 с.

УДК 621.837

А. А. Гончаров

О СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КЛИНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА

Волгоградский государственный технический университет (dtm@vstu.ru)

При решении контактной задачи методом граничных элементов даётся оценка статической прочности клиновых механизмов свободного хода.

Ключевые слова: механизм свободного хода, напряжение, деформация, прочность.

A. A. Goncharov

ON THE STATIC STRENGTH OF WEDGE MECHANISMS OF FREE RUNNING

In dealing with the contact problem of the boundary element method provides an assessment of the static strength of wedge mechanisms of free running.

Wedge mechanisms of free running, stress, strain, strength.

Развитие и применение механических бесступенчатых импульсных передач в практике современного машиностроения неразрывно связаны с проблемами создания надежных высокоэффективных и долговечных конструкций механизмов свободного хода (МСХ), предназначенных для работы в наиболее тяжелом эксплуатационном режиме выпрямителя механических колебаний. К числу наиболее перспективных для использования в высокоскоростных силовых приводах по критериям быстродействия, нагрузочной способности, угловой жесткости и износостойкости следует отнести клиновые МСХ с дополнительной кинематической связью ведущего и ведомого элементов [1].

Анализ характерных разрушений показал, что прочность МСХ прежде всего определяется прочностью валов-эксцентриков, которые работают в условиях нестационарного нагружения изменяющимися по отнулевому циклу изгибающим и крутящим моментами. На практике установлено, что в основном разрушения валов имеют усталостный характер. Их прочность обеспечивается выбором оптимальной конструктивной схемы, применением современных мер технологического упрочнения деталей. Для проведения расчетов на прочность и усталост-

ную выносливость могут быть использованы известные методы расчета коленчатых валов. Иной характер имеют разрушения обойм и клина. Наиболее часто в той или иной форме встречаются разрушения их контактных поверхностей. Таким образом, проблемы обеспечения прочности клиновых МСХ во многом связаны с исследованиями механики контактного взаимодействия их элементов. В публикуемой работе приводятся результаты анализа контактной прочности указанных механизмов при статическом приложении нагрузки.

Получение оценок нагрузочной способности МСХ предполагает решение двух основных задач прочностного анализа: определения напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции при действии функциональных нагрузок и выбора критериев ее предельного состояния в зависимости от условий эксплуатации, механических свойств применяемых материалов, режимов нагружения, температурного режима и др.

Конструкции клиновых МСХ предусматривают возможность передачи крутящего момента двумя параллельными силовыми потоками: силами трения, через фрикционный контакт клина с обоймами и через кинематическую связь между ними. Кинематическая связь, в ча-

стности, может осуществляться посредством зубчатого зацепления или муфты Ольдгейма [1]. Сложность и многообразие явлений, происходящих в зонах контактного взаимодействия элементов клиновых МСХ, ставит задачу существенного упрощения их расчетных моделей, по крайней мере, на начальных этапах исследований, в процессе которых будут учитываться только определяющие факторы. Принципиально важным в этом случае является получение достоверной информации о распределении нагрузки между силовыми потоками указанных механизмов. Экспериментально [2] было установлено, что через кинематическую связь, выполненную в виде зубчатого зацепления, при реализованных условиях моделирования передавалось не более 12 % приложенной нагрузки. Это позволило сформулировать двумерную статическую задачу классической теории упругости [3], в которой не учитывалось наличие кинематической связи между обоймами. Расчетная модель МСХ представлена на рис. 1. Плоская упругая система, состоящая из обойм и клина, находится в заклиненном состоянии под действием крутящих моментов внешней нагрузки M_0 , и полезной нагрузки $M_{пн}$, приведенных к валу-эксцентрику и ведомой обойме соответственно. Упругие свойства тел определяются значениями материальных констант: модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

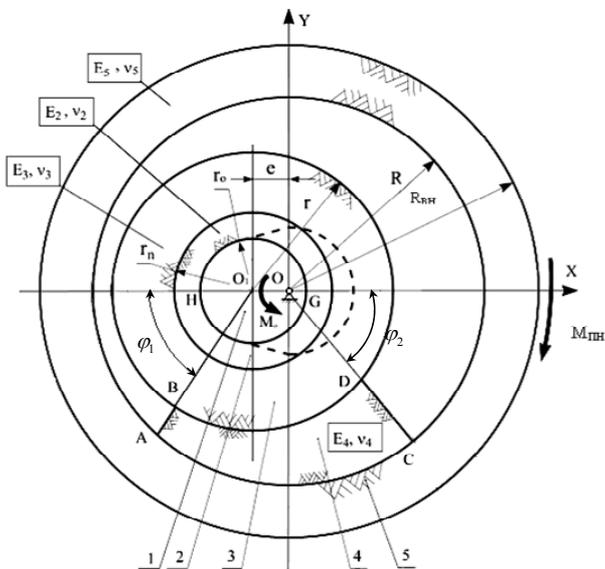


Рис. 1. Расчетная схема клинового МСХ. Конструктивные элементы:

1 – вал-эксцентрик; 2 – подшипник; 3 – ведущая обойма; 4 – клин; 5 – ведомая обойма. Геометрические параметры: $r_0, r_n, r, R, R_{вн}$ – радиусы вала, подшипника, ведущей и ведомой обойм соответственно; e – эксцентриситет; ϕ_1, ϕ_2 – углы радиальных срезов клина. Упругие параметры: E_2, E_3, E_4, E_5 – модули Юнга; $\nu_2, \nu_3, \nu_4, \nu_5$ – коэффициенты Пуассона. Нагрузка: $M_0, M_{пн}$ – моменты внешней и полезной нагрузок соответственно

Математическая модель МСХ базируется на замкнутой системе уравнений классической теории упругости. При ее построении считалось, что геометрические параметры элементов обеспечивают самозаклинивание механизма; вал-эксцентрик является абсолютно жестким телом, обоймы, подшипник и клин – идеально упругими; в области контакта вала-эксцентрика с подшипником скольжения отсутствует трение, в областях контакта подшипника с ведущей обоймой и клина с обоймами реализуются условия жесткого сцепления тел; внешняя нагрузка по ширине клина и обойм распределена равномерно; элементы МСХ имеют идеально сопрягаемые контактные поверхности и находятся в условиях плоского напряженного состояния.

При численной реализации задачи методом граничных элементов обеспечивалась возможность выполнения линейного статического анализа НДС элементов указанных механизмов в широком диапазоне варьируемых параметров: кинематических особенностей конструктивной схемы, геометрических размеров и упругих свойств элементов, величины и характера приложения внешней нагрузки. В процессе исследований были изучены распределения полей напряжений и деформаций, определены законы изменения поверхностных усилий и перемещений в областях контакта тел, построены интегральные зависимости, связывающие локальные функции НДС в контактных зонах МСХ с его рабочими характеристиками. Значения крутящего момента M_0 , приложенного к валу-эксцентрику, и реализуемого МСХ момента трения следует отнести к числу важнейших интегральных характеристик процесса нагружения.

Контактное взаимодействие элементов МСХ осуществляется при действии переменной функциональной нагрузки. Переменный момент M_0 , создавая нормальную нагрузку на обоймы и клин, одновременно инициирует их относительное скольжение. Действие постоянного момента $M_{пн}$ вызывает сдвиговую деформацию элементов механизма. Заклинивание механизма осуществляется в процессе активного нагружения элементов, изначально свободных от напряжений, переменным моментом $M_0 = 0, \dots, M_0^{\max}$ при постоянной касательной нагрузке ($M_{пн} = \text{const}$) на ведомой обойме. Действие нагрузки определяет множество состояний МСХ, вплоть до его самозаклинивания, когда имеет место равенство моментов, приложенных к ведомой обойме: $M_{пн} = M_{тр}^{\max}$, где $M_{тр}^{\max}$ – максимальный момент трения в зоне

контакта клина с обоймой, соответствующий величине M_0^{\max} . В условиях фрикционного взаимодействия элементов МСХ передача касательной нагрузки к ведомым элементам привода возможна только при выполнении условия $M_0 > M_{\text{пн}}$. Рассмотрим определение этих моментов в рамках решаемой обратной задачи.

Допущение абсолютной жесткости вала-эксцентрика позволяет в плоской задаче наиболее достоверно воспроизвести кинематические условия нагружения клиновых механизмов. Величина крутящего момента M_0 , приложенного к валу-эксцентрику, пропорциональна углу его поворота относительно общего центра механизма в направлении заклинивания на некоторый малый угол деформации, определяющий размеры области контакта вала с ведущей обоймой. При отсутствии сил трения распределения нормальных давлений σ_n в области контакта эксцентрика с ведущей обоймой определяют интегральное значение M_0 :

$$M_0 = e r_0 \int_{FG} \sigma_n \sin \phi d\phi$$

где r_0 – радиус пальца вала-эксцентрика, e – эксцентриситет, ϕ – угол, определяющий положение элементарной площадки на границе.

Предельное значение реализуемого момента трения является основной триботехнической характеристикой, определяющей величину полезной нагрузки $M_{\text{пн}}$, которую в состоянии передать фрикционный механизм при заданных конструктивных параметрах и реализованных коэффициентах трения. Наиболее часто встречающееся в теории контактных задач допущение о малом влиянии касательных сил на нормальные давления позволило решения задачи, полученные без учета контактных явлений, формально использовать для анализа распределения сил трения на поверхностях элементов МСХ. Максимальный момент сил трения вычислялся в рамках закона трения Амонтона в зоне контакта клина с ведомой обоймой:

$$M_{\text{mp}}^{\max} = f R^2 \int_{AC} \sigma_n d\psi$$

где f – реализуемый на поверхности максимальный коэффициент трения скольжения, σ_n – нормальные давления, ψ – угол, определяющий положение элементарной площадки на границе.

Таким образом, при решении сформулированной задачи устанавливается связь между приложенной к валу внешней нагрузкой, геометрическими и упругими параметрами элемен-

тов механизма, гипотетически реализуемым моментом сил трения и величиной момента полезной нагрузки, приведенной к ведомой обойме механизма. При отсутствии разработанных критериев предельного состояния конструкций клиновых МСХ для получения оценок их нагрузочной способности на данном этапе исследований могут быть использованы известные критерии прочности конструкционных материалов. Согласно [4], предельная функциональная нагрузка не должна приводить к появлению пластических деформаций в элементах конструкции. По достижению напряжениями предела текучести механизм, безусловно, не утрачивает несущей способности. Целесообразность такого ограничения определяется в большей степени критериями износостойкости механизма, так как линейная интенсивность изнашивания в условиях упругопластических деформаций на порядок и более превышает линейную интенсивность изнашивания при упругих деформациях. С учетом вышесказанного разработанная математическая модель может быть использована для выполнения проверочного и проектного расчета МСХ. В первом случае при заданных размерах элементов механизма и критериях прочности конструкционного материала может быть определена максимальная величина передаваемого МСХ крутящего момента. Во втором случае, исходя из условия прочности конструкционного материала и заданной величины передаваемого крутящего момента, определены геометрические параметры элементов МСХ.

При анализе НДС конструкции было установлено, что область контакта эксцентрика с радиальным подшипником скольжения характеризуется наиболее высоким градиентом напряжений. Уровень возникающего в этой области напряженного состояния определяется величиной M_0 и практически не зависит от действия касательной нагрузки $M_{\text{пн}}$. На рис. 2 показана характерная картина неоднородного напряженного состояния клинового МСХ, закрепленного по внешнему контуру ведомой обоймы, и находящегося под действием приложенного к эксцентрику крутящего момента M_0 . Цифрами обозначены порядки изолиний максимальных касательных напряжений с ценой полосы $\tau_{\text{max}} = 3$ МПа. Картина напряжений соответствует углу поворота эксцентрика $\varepsilon = 8,7 \cdot 10^{-4}$ рад. Расчеты производились при помощи разработанного пакета автоматизированного моделирования НДС клиновых МСХ.

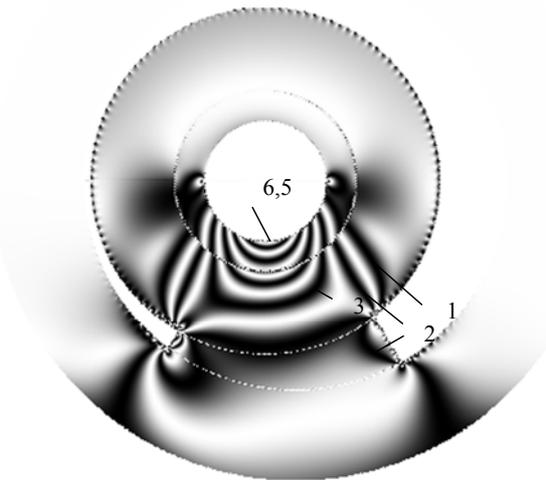


Рис. 2. Напряженное состояние конструкции. Картина максимальных касательных напряжений

Решение задачи было получено на сетке из 1560 граничных элементов при следующих значениях геометрических и упругих параметров расчетной модели МСХ: $e = 5$ мм; $r_o = 10$ мм; $r_n = 15$ мм; $r = 29$ мм; $R = 35$ мм; $R_{вн} = 50$ мм; $\varphi_1 = \varphi_2 = 60^\circ$; $E_2 = 1,05 \cdot 10^5$ МПа; $\nu_2 = 0,33$; $E_3 = E_4 = E_5 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $\nu_3 = \nu_4 = \nu_5 = 0,27$. Обозначения материальных констант соответствуют позициям элементов на рис. 1.

Для рассмотренного варианта модели МСХ максимальные значения напряжений в кинематической паре "эксцентрик-ведущая обойма" более чем в три раза превышают наибольший уровень τ_{max} в областях контакта клина с обоймами. Очевидно, что условия контактной прочности механизма полностью определяются несущей способностью антифрикционного материала вкладыша, и под предельной нагрузочной способностью МСХ следует понимать нагрузку, приводящую к появлению пластических деформаций в подшипнике. Известные методики расчетов подшипников скольжения используют несколько критериев их работоспособности, учитывающих специфику условий эксплуатации. В клиновом МСХ указанная выше кинематическая пара выполняет функцию подшипника только в фазе свободного хода. В фазе нагружения механизма практически отсутствует относительное скольжение тел. Поэтому для анализа несущей способности вкладыша подшипника МСХ может быть использован критерий допустимых давлений [5].

Разработанные методы расчета предельной нагрузки [4, 5] основаны на анализе НДС подшипника, находящегося в условиях пластиче-

ского течения. Деформация вкладыша, закрепленного в более жесткой обойме, существенно зависит от его толщины. Критерий массивности подшипника определяет тип анализа напряженного состояния. Толщина вкладыша становится параметром процесса деформирования, и большей несущей способностью обладает более тонкий подшипник [4]. Графическая зависимость на рис. 3, полученная для указанного ниже интегрального момента M_o , характеризует линейное уменьшение угловой жесткости МСХ при увеличении толщины вкладыша.

Состояние текучести большинства пластичных материалов обычно определяется либо критерием энергии сдвиговой деформации Мизеса, либо критерием максимального касательного напряжения Треска [5]. Различие в предсказаниях этих критериев невелико, поэтому при наличии численных решений упругой задачи, результатов экспериментальных исследований напряженного состояния МСХ методом фотоупругости для анализа прочности МСХ предлагается использовать критерий Треска. Тогда условие прочности подшипника при плоском напряженном состоянии представляется в виде [5]:

$$\tau \leq [\tau] = 0,5[\sigma],$$

где τ – максимальные касательные напряжения, $[\tau]$, $[\sigma]$ – допускаемые касательные и нормальные напряжения при линейном напряженном состоянии соответственно.

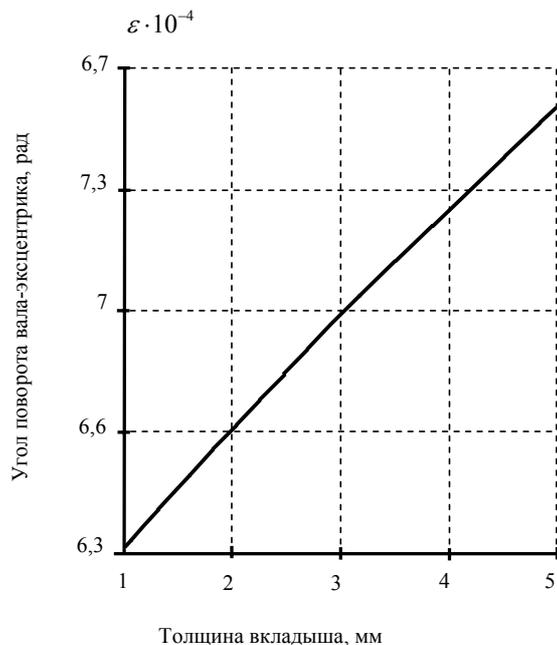


Рис. 3. Зависимость угла поворота эксцентрика от толщины вкладыша подшипника

Выполним проверочный расчет представленной конструкции МСХ и получим оценку ее прочности при наличии антифрикционного вкладыша из бронзы с пределом текучести $\sigma_{\tau} = 120$ МПа. В условиях заданного кинематического нагружения удельные интегральные значения крутящего момента M_0 и максимального момента трения, реализуемого МСХ при $f = 0,1$ соответственно составили $M_0 = 2,99$ Нм, $M_{\text{тр}}^{\text{max}} = 1,52$ Нм. Вводя коэффициент запаса прочности по пределу текучести $[n_{\tau}] = 1,5$, имеем допускаемые нормальные и касательные напряжения при статическом нагружении $[\sigma] = 80$ МПа, $[\tau] = 40$ МПа соответственно. Максимальные касательные напряжения в области контакта пальца эксцентрика с вкладышем, не превышают 20,4 МПа, поэтому можно считать статическую прочность представленной конструкции МСХ по критерию максимальных касательных напряжений обеспеченной.

Работоспособность механизма по критерию допускаемых давлений при уровне действующих средних давлений в области контакта $\sigma_n = 23,75$ МПа и условных допускаемых давлений для конструкционного материала $[p] = 30$ МПа [5] также обеспечивается. Таким образом, при статическом нагружении МСХ удельным крутящим моментом $M_0 = 2,99$ Нм прочность конструкции обеспечивается с коэффициентами запаса по критериям максимальных касательных напряжений и допускаемых давлений $[n\tau] = 1,96$, $[n_p] = 1,26$ соответственно.

При проектировании МСХ следует учитывать динамический характер нагружения выпрямителя механических колебаний импульсных передач. При скоростях относительного движения звеньев, значительно меньших скорости распространения в них упругих волн, может осуществляться квазистатический анализ динамической задачи, когда внешние динамические нагрузки приводятся к равновесию со статически определенным полем напряжений [6]. Динамическая нагрузка обычно учитывается введением коэффициента, величину которого определяют тип двигателя, привода и рабочей машины. В каждой конкретной ситуации он также зависит от режима работы привода, упругих и массовых характеристик его элементов. Распределение напряжений будет подобно статическому случаю при действии расчетной нагрузки $M_p = kM_{\text{нн}}$, где k – коэффициент динамичности нагрузки, $M_{\text{нн}}$ – номинальный крутящий момент, передаваемый МСХ. Для соблю-

дения условий упругого деформирования возникающие напряжения не должны превышать предела текучести. В этом случае для обеспечения прочности необходимо либо увеличивать абсолютные размеры элементов МСХ, либо применять конструкционные материалы с более высокими механическими характеристиками.

Выводы

1. Применение разработанной континуальной модели [3] при конструкционном анализе клиновых МСХ позволяет с достаточной для предварительных расчетов точностью исследовать их НДС определить наиболее важные интегральные характеристики процесса нагружения и оценить нагрузочную способность механизма, исходя из методики расчета на прочность по допускаемым напряжениям.

2. Результаты проведенных исследований результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными [2]. Они дают основание заключить, что контактная прочность МСХ лимитируется несущей способностью антифрикционного материала подшипника скольжения. В процессе исследований было установлено влияние критерия массивности вкладыша подшипника на прочность и угловую жесткость механизма.

3. В отсутствие разработанных критериев предельного состояния клиновых МСХ оценка работоспособности конструкции может быть получена при использовании известных критериев прочности материала подшипника скольжения и использована в методике проектного расчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Благодаров А. А.* Механические бесступенчатые передачи нефрикционного типа. – М.: Машиностроение. 1977. – 145 с.
2. *Аистов В. С., Гончаров А. А., Скребцов А. И.* и др. Исследование методами фотомеханики, голографической интерферометрии и спекл-фотографии напряженно-деформированного состояния элементов клиновых механизмов свободного хода. // Расчеты на прочность. – М.: Машиностроение. 1986. – № 27. – с.195–208.
3. *Гончаров А. А.* Статический анализ напряженно-деформированного состояния элементов клиновых механизмов свободного хода // Проблемы машиностроения и надежности машин. – РАН. 2005. – №5. – с. 80–87.
4. *Крагельский И. В., Михин Н. М.* Узлы трения машин: Справочник. – М.: Машиностроение. 1984. – 240 с.
5. *Когаев В. П., Дроздов Ю. Н.* Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высш. шк. 1991. – 319 с.
6. *Джонсон К.* Механика контактного взаимодействия. – М.: Мир. 1986. – 510 с.

УДК 004.35, 004.27, 004.436.2, 004.428

О. И. Стрельников, А. Е. Андреев, М. И. Андреева, В. А. Егунов
РАСШИРЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК
ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ

Волгоградский государственный технический университет (andan2005@yandex.ru)

В статье рассматривается подход к созданию программного обеспечения для реконфигурируемых процессоров на базе ПЛИС, позволяющий использовать реконфигурируемые вычислители как в новых разрабатываемых программах, так и в существующем программном обеспечении, включая математические пакеты, базирующиеся на стандартных математических библиотеках.

Ключевые слова: высокопроизводительные вычисления, ПЛИС, СЛАУ, LAPACK, MATLAB.

O. I. Strelnikov, A. E. Andreev, M. I. Andreeva, V. A. Egunov
STANDARD MATHEMATICAL LIBRARIES EXTENDING
FOR RECONFIGURABLE COMPUTING SUPPORT

Article describes an approach to software developing for reconfigurable processors based on FPGAs, giving an opportunity to use reconfigurable computers both in new programs and in existing software, including math software based on standard mathematical libraries.

High-performance computing, FPGA, SLAE, LAPACK, MATLAB.

Разрабатываемые в настоящее время реконфигурируемые вычислительные системы позволяют достигнуть значительного увеличения производительности. Однако для достижения максимальной производительности необходимо обеспечить использование данных вычислителей при разработке программного обеспечения.

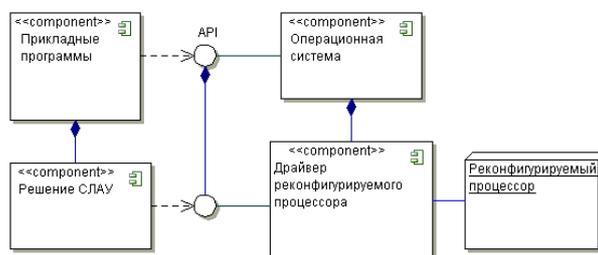
Как и любой другой ввод-вывод, прикладные программы могут осуществлять взаимодействие с реконфигурируемым процессором через специальный программный компонент – драйвер реконфигурируемого процессора. При этом функции драйвера расширяют интерфейс прикладных программ (API) операционной системы, для которой разработан драйвер (рис. 1).

Рассмотрим приложение для решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), использующее реконфигурируемый процессор на базе учебного лабораторного стенда ACEXPC12. Данный стенд используется в учебном процессе на кафедре ЭВМ и систем ВолГТУ и представляет собой плату расширения PCI, на которой расположена ППВМ семейства ACEX1K фирмы Altera.

1. Средствами САПР ПЛИС Quartus II разрабатываем и компилируем структуру устройства для решения СЛАУ с использованием соответствующих алгоритмов дискретных линейных преобразований [1, 2]. На выходе получаем файл LinEqu.sof, в котором содержится конфигурация устройства.

2. Подключаем стенд ACEXPC12 к персональному компьютеру при помощи кабеля ByteBlasterMV и загружаем конфигурацию из файла LinEqu.sof [3, 4].

3. Вставляем стенд ACEXPC12 в слот PCI компьютера, на котором будет выполняться приложение и выполняем загрузку.



Интерфейс реконфигурируемого процессора
 Created by Borland® Together® Designer Community Edition

Рис. 1. Взаимодействие прикладной программы с реконфигурируемым процессором

4. Драйвер процессора включает функцию LinEqu(), определяемую следующим образом:
 #include "linequ.h" //содержит объявление LinEqu()
 #include "pci_target.h" //содержит объявления констант для обмена

```

//данными по шине PCI через компоненту
//PCI_target, загруженную в ПЛИС ACEXPC12
//Функция LinEqu() выполняет решение СЛАУ Ax = b
//Параметры
//A – матрица 8x8 (массив из 64 значений double)
//b – вектор свободных членов 8x1 (массив из 8 значений double)
//x – массив из 8 double для сохранения вектора результата
void LinEqu(double const* A, double const* b, double* x) {
//...
// Цикл для передачи матрицы A
for (int i = 0; i < A_LEN; i++) {
//адрес очередного передаваемого блока
char const* cur_block = (char const*)A + i*BLK_SIZ;
//передаваемое значение
long cur_val = *((long*)cur_block);
//PCI_DATA_PORT определена в pci_target.h
asm {
mov eax, cur_val
out PCI_DATA_PORT, eax
}
}
//Цикл для передачи вектора b
//...
//Цикл для получения x
//...
} //LinEqu()
    
```

5. Прикладная программа должна вызывать функцию драйвера.

```
#include <linequ.h>
int main() {
    double A[8][8], b[8], x[8];
    getMatrix(8, 8, A);
    getVector(8, b);
    LinEqu(A, b, x); //вызов драйвера
    showVector(8, x);
    return 0;
}
```

Приведенный подход позволяет прикладным программам использовать реконфигурируемый процессор, то есть производить расчеты с большей производительностью. Недостатком приведенного подхода является необходимость использования интерфейса драйвера предлагаемого реконфигурируемого процессора. Таким образом, не возможно использовать данный процессор для ускорения уже существующих программ.

При выполнении расчетов в научных и инженерных исследованиях и в промышленном производстве используются два стандартных подхода. Первый состоит в использовании стандартных библиотек высокопроизводительных вычислений. Для операций линейной алгебры и матричного анализа наиболее известной является библиотека LAPACK (Linear Algebra PACKage), в которую входят процедуры для решения СЛАУ и собственного разложения матриц. Данный пакет опирается на ряд других пакетов матричных операций (рис. 2).

Второй подход состоит в использовании уже готового прикладного программного обеспечения. Одной из наиболее известных программ для матричных расчетов является программа MATLAB фирмы MathWorks. При этом сама программа MATLAB для выполнения матричных вычислений использует библиотеку LAPACK, а пользователю доступен высокоуровневый язык *m*-сценариев и *m*-функций (рис. 2).

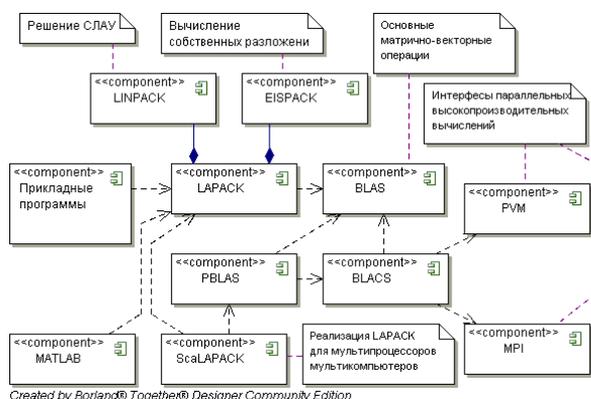


Рис. 2. Диаграмма компонентов высокопроизводительных вычислений

Существуют реализации как библиотеки LAPACK, так и программы MATLAB для операционных систем семейств Windows и UNIX.

Зависимость прикладных программ, в том числе MATLAB от библиотеки LAPACK реализуется через интерфейс, который определяется LAPACK и может быть реализован или замещен сторонними библиотеками (рис. 3). Идея использования реконфигурируемого спецпроцессора в существующих прикладных программах состоит в замещении интерфейса LAPACK программным модулем, взаимодействующим с определенным ранее драйвером (рис. 3).

Модуль reconfLAPACK с одной стороны переопределяет интерфейс LAPACK, а с другой – использует данный пакет для вызова функций, не реализованных в реконфигурируемом процессоре. Переопределение интерфейса осуществляется следующим образом. Например, для решения СЛАУ в LAPACK предусмотрена функция DGESV(). Модуль reconfLAPACK переопределяет данную функцию следующим образом:

```
#include <linequ.h>
//Решает действительные СЛАУ  $A * X = B$ 
//N – размерность A (количество уравнений в системе);
//NRHS – число столбцов X и B – количество решаемых систем;
//A – массив с компонентами A;
//LDA – число строк в двумерном массиве A
//(массив может быть больше матрицы, то есть LDA >= N);
//IPIV – массив перестановок строк A;
//B – массив свободных членов при на входе и решений – на выходе;
//LDB – число строк в двумерном массиве B, LDB >= N;
//INFO – переменная для записи информации об ошибке.
void DGESV(
    int N, int NRHS, double* A, int LDA, int* IPIV,
    double* B, int LDB, int* INFO
) {
    if ((N == 8) && (NRHS == 1) && (LDA == 8) && (LDB == 8)) {
        LinEqu(A, B, B); //вызов драйвера
        *INFO = 0;
    }
    else {
        //вызов DGESV() из стандартной реализации LAPACK
        lapack_DGESV(N, NRHS, A, LDA, IPIV, B, LDB, INFO);
    }
}; //DGESV()
```

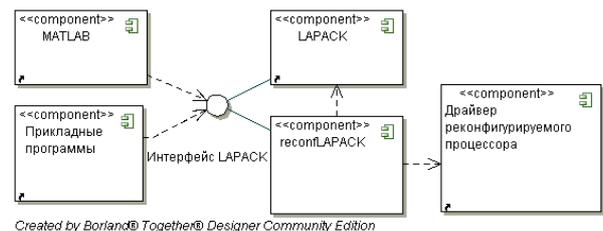


Рис. 3. Замещение интерфейса LAPACK

После замещения все прикладные программы, в том числе MATLAB, обращаясь к функциям LAPACK фактически будут вызывать функции, реализованные в *reconfLAPACK*, то есть вычисления будут выполняться с применением реконфигурируемого процессора, а, следовательно, с высокой производительностью.

Например, при выполнении *m*-сценария:

```
A = rand(); %сгенерировать случайную матрицу 8x8
b = rand(); %сгенерировать случайный вектор 8x1
x = b / A; %решить СЛАУ Ax = b
```

MATLAB вызовет функцию *DGESV()*, определенную выше, то есть фактически решение будет выполнено на реконфигурируемом процессоре.

Таким образом, предлагаемая структура программного обеспечения для поддержки реконфигурируемых вычислителей позволяет использовать данные устройства как для разрабатываемого, так и для уже созданного ранее программного обеспечения.

УДК 004.31, 004.35, 004.27, 004.436.2

О. И. Стрельников, А. Е. Андреев, В. А. Егунев

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ

Волгоградский государственный технический университет (andan2005@yandex.ru)

Рассматривается классификация вычислительных устройств с изменяемой конфигурацией на базе ПЛИС/ППВМ, конкретные примеры таких устройств, способы их конфигурирования и возможности по обмену информации при построении на их базе реконфигурируемых вычислителей.

Ключевые слова: специализированные процессоры, гиперкомпьютеры, акселераторы, ППВМ, PCI, JTAG, VHDL, Verilog.

O. I. Strelnikov, A. E. Andreev, V. A. Egunov

HIGH-PERFORMANCE SYSTEMS DESIGN USING RECONFIGURABLE COMPUTERS

Classification of computer devices with variable configuration based on FPGA is presented, examples of such devices, ways of configuring them and their communicative capabilities while building reconfigurable computers on their basis considered.

Application-specific processors, hypercomputers, accelerators, FPGA, PCI, JTAG, VHDL, Verilog.

В последнее время в области высокопроизводительных вычислений все большую популярность приобретают реконфигурируемые вычислители. Данные устройства представляют собой особую разновидность специализированных процессоров, основанных на интегральных схемах (ИС) с программируемой логикой и высокой степенью интеграции – программируемых пользователем вентильных матрицах (ППВМ). Сфера применения реконфигурируемых вычислителей достаточно широка – от процессоров встраиваемых систем и специализированных вычислителей для настольных ЭВМ и рабочих станций до акселераторов супер ЭВМ. Например, в супер ЭВМ Cray XD1 фирмы Cray Research используется ускоритель на основе ППВМ семейства Virtex-4 фирмы Xilinx [1]. Отдельной разновидностью реконфигурируемых вычислителей являются гиперкомпьютеры – ЭВМ, построенные на основе ППВМ, производительность которых сравнима

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Духнич Е. И., Егунев В. А. Алгоритмы многомерных отражений, ориентированные на систолическую реализацию // Проектирование ЭВМ: Межвузовский сборник научных трудов / РГПА. – Рязань, 1994. – С. 57–63.
2. Hsiao S.-F. Multidimensional CORDIC Algorithms: Ph. D. Dissertation. – 1993. – 199 p.
3. Андреев А. Е., Стрельников О. И., Егунев В. А. Реализация концепции учебного процессора с помощью лабораторных стендов на ПЛИС // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвузовский сб. науч. ст. № 4 (13)/ ВолГТУ. – Волгоград, 2005. – С. 70–71.
4. Андреев А. Е., Стрельников О. И., Карелин А. А., Бардюг А. А. Использование лабораторных стендов на базе программируемых логических интегральных схем в учебном процессе // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвузовский сб. науч. ст. № 4 (13)/ ВолГТУ. – Волгоград, 2005. – С. 72–74.

с производительностью супер ЭВМ. Ускорители для рабочих станций, исполняемые в виде платы расширения, иногда называются гиперкомпьютерными модулями.

В общем случае реконфигурируемым вычислителем можно считать любое устройство, содержащее ППВМ и предоставляющее возможность изменения конфигурации в процессе работы. На кафедре ЭВМ и систем ВолГТУ в курсах организации ЭВМ и систем, микропроцессорных систем и спецпроцессоров используются учебные лабораторные стенды SDK 6.0, SDK 6.1 и SDK 7.0 фирмы LMT, ACEXPCI2 производства "ЛЭТИ" [2, 3], а также проектируются собственные гиперкомпьютерные модули. В настоящей работе исследуется возможность использования перечисленных устройств в режиме реконфигурируемых вычислителей, производится их сравнение между собой и с другими устройствами.

К основным способам повышения производительности вычислительных систем относятся

увеличение тактовой частоты, конвейеризация и распараллеливание вычислений, специализация вычислений [4]. Идея повышения производительности за счет специализации вычислений воплощается в спецпроцессорах. Под спецпроцессором понимается микропроцессорное устройство, содержащее вычислительный блок, предназначенный для выполнения не стандартных операций, то есть операций, отличных от вычисления логических функций и четырех арифметических действий.

Указанным требованиям соответствует достаточно большое количество устройств, что позволяет производить классификацию спецпроцессоров по различным критериям. С точки зрения исполнения или используемой элементной базы спецпроцессоры можно разделить на серийные, заказные и устройства с изменяемой конфигурацией (рис. 1). Серийные устройства исполняются на схемах с жесткой логикой, имеют большое количество приложений и применяются в универсальных устройствах, например, настольных компьютерах и рабочих станциях. К серийным спецпроцессорам можно отнести арифметические сопроцессоры семейства x87 фирмы Intel, сигнальные процессоры семейства TMS320 фирмы Texas Instruments и графические процессоры семейства GeForce 7800 фирмы nVidia.

Заказные спецпроцессоры характеризуются тем, что процессы их проектирования и производства разделены: проектировщик разрабатывает схему устройства, стандартно на языках VHDL или Verilog, на основе которой производитель изготавливает интегральные схемы (ИС). В качестве элементной базы при этом могут использоваться стандартные ячейки или полностью заказные ИС.

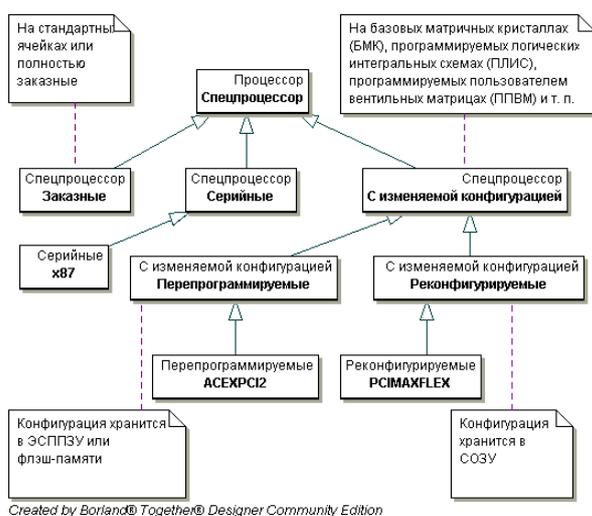


Рис. 1. Классификация процессоров с изменяемой конфигурацией

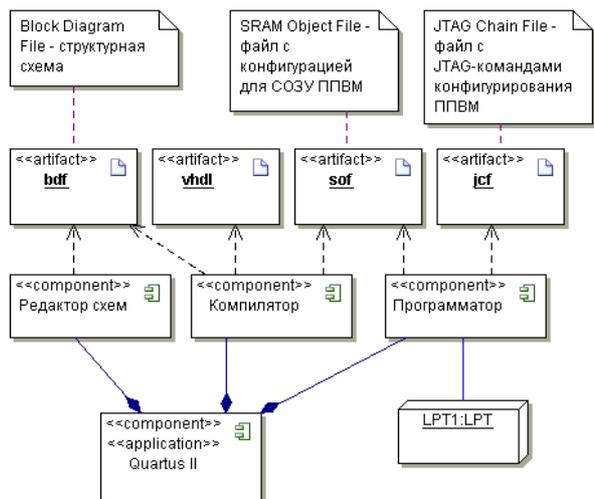
В спецпроцессоры с изменяемой конфигурацией можно многократно загружать структуры различных цифровых устройств. При этом существуют две разновидности данных процессоров: перепрограммируемые и реконфигурируемые. Перепрограммируемые сохраняют свою конфигурацию в электрически стираемом программируемом постоянном запоминающем устройстве (ЭСППЗУ) или флэш-памяти, возможно, во внешней по отношению к процессору запоминающей среде. Поскольку используется энергонезависимая память, конфигурация сохраняется при отключении питания. К перепрограммируемым процессорам можно отнести упоминавшиеся выше учебные лабораторные стенды SDK 6.0, SDK 6.1, SDK 7.0 и ACEXPC12.

Реконфигурируемые спецпроцессоры хранят конфигурацию в СОЗУ и могут многократно изменять ее в течение одного сеанса. Таким образом, в различные моменты времени реконфигурируемый спецпроцессор содержит различные схемы, зависящие от текущей решаемой задачи. К реконфигурируемым спецпроцессорам можно отнести Cray XD1 Supercomputer Application Accelerator [1], гиперкомпьютерные модули HCU фирмы Flying [5], реконфигурируемый процессор MOLEN (мельница) Дельфтского технического университета [6], а также разрабатываемые на кафедре ЭВМ и систем ВолгГТУ в рамках дипломных работ и кандидатских диссертаций реконфигурируемые устройства, такие как PCIMAXFLEX.

Для универсальных вычислительных систем, предназначенных для решения задач из разных областей, спецпроцессоры с изменяемой конфигурацией позволяют достигнуть потенциально наибольшей производительности. В этом случае перед решением очередной задачи в процессор загружается конфигурация, ориентированная именно на эту задачу. При этом определяющую роль в системе играют трансляторы, которые должны синтезировать или выбрать из библиотеки конфигурацию для решаемой задачи.

На рис. 2 показано взаимодействие программных компонентов при программировании процессора ACEXPC12. Для других процессоров данная диаграмма выглядит аналогично.

Основными программными компонентами, используемыми в процессе проектирования, являются компилятор и программатор, часто входящие в состав САПР ПЛИС, например, Quartus II фирмы Altera или Xilinx ISE фирмы Xilinx.



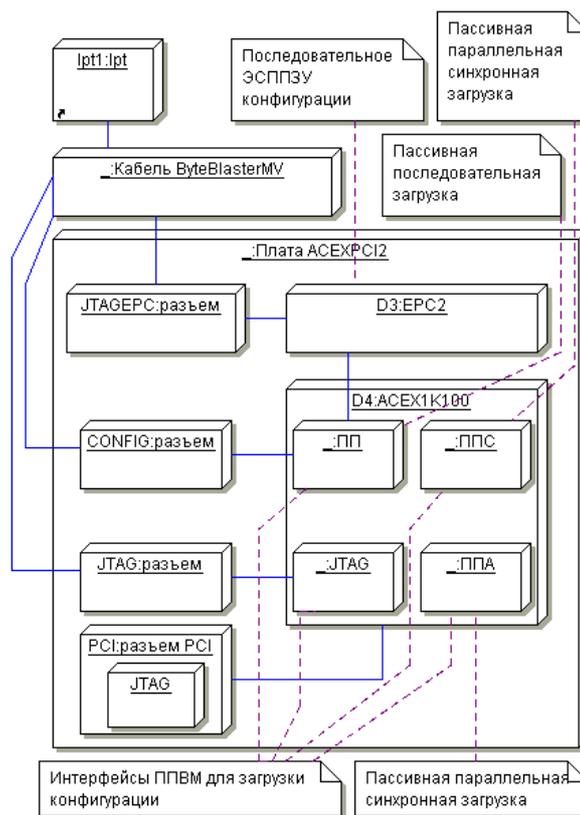
Created by Borland® Together® Designer Community Edition

Рис. 2. Основные компоненты САПР ПЛИС

Исходными модулями проекта являются структуры, описываемые в виде структурной схемы посредством графического схемного редактора, входящего в состав тех же САПР ПЛИС, либо в виде программы на языках описания аппаратуры – VHDL или Verilog. В результате компиляции данные структуры преобразуются в конфигурации, пригодные для загрузки в ППВМ. Одной и той же структуре в разных ППВМ соответствуют разные конфигурации. Наиболее общая информация о конфигурации содержится в двоичных файлах форматов sof и rof, соответственно, для реконфигурируемых и перепрограммируемых устройств. Пособием программатора конфигурация загружается в ППВМ либо непосредственно из приведенных файлов, либо через промежуточный файл jcf.

Современные ППВМ предусматривают большое количество способов конфигурирования и программирования. Самым универсальным является использование автомата JTAG, встраиваемого в интегральные схемы для тестирования, реконфигурирования и перепрограммирования. На рис. 3 изображено взаимодействие аппаратных компонентов при программировании процессора ACEXPC12.

Несмотря на то, что ППВМ семейства ACEX1K относятся к реконфигурируемым устройствам, плата ACEXPC12 осуществляет конфигурирование из ЭСППЗУ EPC2, которое программируется до установки платы в слот PCI. Следовательно, в процессе работы устройства изменение конфигурации не возможно. Для реконфигурирования можно использовать разъем JTAG, однако, в этом случае плата должна быть подключена к внешнему разъему и взаимодействовать с центральным процессором по значительно менее быстродействующему, по сравнению с PCI, интерфейсу, например, RS-232.



Created by Borland® Together® Designer Community Edition

Рис. 3. Интерфейсы для реконфигурирования ACEXPC12

Аналогичная проблема свойственна и процессорам SDK 6.0/6.1/7.0. Данного недостатка лишены процессоры MOLEN и PCIMAXFLEX, которые позволяют производить реконфигурирование во время работы. Для этого в систему команд MOLEN включены специальные команды реконфигурирования, а PCIMAXFLEX может производить реконфигурирование через интерфейс PCI вызовом специальных функций драйвера реконфигурируемого процессора.

Обмен данными с процессорами ACEXPC12 и PCIMAXFLEX производится через достаточно быстродействующий интерфейс PCI, что позволяет производить передачу больших массивов данных при высокопроизводительных вычислениях. Процессоры SDK 6.0/6.1/7.0 способны обмениваться данными только через внешние интерфейсы RS-232 и USB со значительно меньшей скоростью, что ограничивает их применение.

Таким образом, реконфигурируемые вычислители представляют собой разновидность специализированных процессоров, в которых повышение производительности достигается за счет возможности перестраивания архитектуры процессора в соответствии с решаемой задачей. Реконфигурируемые устройства имеют значительные преимущества перед программируемыми, поскольку позволяют решать различные

задачи в течение одного сеанса. Наиболее перспективно подключение реконфигурируемых процессоров, как для загрузки конфигурации, так и для обмена данными, посредством высокоскоростных интерфейсов PCI, PCI-Express и USB 2.0, которые позволяют наиболее быстро передавать данные между реконфигурируемым процессором и центральным процессором и памятью, что является крайне важным для высокопроизводительных вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cray XD1 Supercomputer for Reconfigurable Computing/Cray Inc., 2005. – 2 p.
2. Андреев А. Е., Стрельников О. И., Егунов В. А. Реализация концепции учебного процессора с помощью лабораторных стендов на ПЛИС // Известия Волгоградского

государственного технического университета: межвузовский сб. науч. ст. № 4 (13)/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – С. 70–71.

3. Андреев А. Е., Стрельников О. И., Карелин А. А., Бардюг А. А. Использование лабораторных стендов на базе программируемых логических интегральных схем в учебном процессе // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвузовский сб. науч. ст. № 4 (13)/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – С. 72–74.

4. Духнич Е. И., Андреев А. Е. Организация вычислительных машин и систем: учебн. пособие/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – 80 с.

5. HCU HyperComputer Computing Unit/ Flying Corporation, 2005. (http://www.rtdsp.com/product/index_Hypercomputer.html).

6. Vassiliadis S., Gaydadjiev G., Kuzmanov G. The MOLEN Polymorphic Processor// IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS – VOL. 33, NO. 11, 2004 – P. 1363–1375.

УДК 620.22

Г. Т. Тарабрин, Л. Л. Левшанова

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ОКОЛО КРУГОВОГО ОТВЕРСТИЯ В ПЛАСТИНЕ, ПОДКРЕПЛЕННОГО РАДИАЛЬНЫМИ СТЕРЖНЯМИ

Волгоградский государственный технический университет (Lev_lud@mail.ru, tageti@mail.ru)

Решается задача расчета радиальных и тангенциальных напряжений по внутреннему контуру пластины.

Ключевые слова: концентрация напряжений, радиальное напряжение, тангенциальное напряжение, пластина.

G. T. Tarabrin, L. L. Levshanova

CONCENTRATION OF POWERS ABOUT THE CIRCLE HOLE IN A SLICE, SUPPORTED WITH RADIAL CORES

The task of radial and tangential powers calculation on an internal outline of a slice dares.

Concentration of powers, radial power, tangential power, a slice.

Однородная упругая изотропная постоянной толщины пластина в форме концентрического кольца с внутренней окружностью радиуса R подкреплена четным числом n равномерно распределенных одинаковых стержней, соединенных в центре (рис. 1). Радиус внешней окружности пластины существенно больше радиуса внутренней окружности, поэтому внешнюю границу можно считать бесконечно удаленной. По внешнему контуру пластина подвергается воздействию равномерно распределенной нагрузки интенсивности p . Решается задача о напряженно-деформированном состоянии пластины и изменении несущей способности стержней при росте нагрузки на пластину.

Принимается, что для материала стержней задана зависимость напряжения в них q от деформации e от начала их нагружения до полного разрушения $q = eE_w$ при $0 \leq e \leq e_0$, $q = eE_w [1 - f(e)]$ при $e_0 < e \leq e_n$,

где E_w – модуль Юнга, e_0 – предел целостности – деформация, до наступления которой в стержне не возникает разрушений, e_n – предел деформи-

руемости – деформация, при которой стержень оказывается полностью разрушенным, функция $f(e)$ характеризует степень разрушения стержня в виде равномерно рассеянного тумана микротрещин. Значения $f(e)$ изменяются от 0 до 1 и определяют долю площади поперечного сечения стержня, утратившую несущую способность [1].

Вид функции $f(e)$ не обуславливает метод решения задачи. Она может быть любой, адекватно аппроксимирующей экспериментально полученную зависимость $q(e)$. В данной работе в расчетах $f(e)$ принята простейшей – линейной

$$f(e) = (e - e_0)/(e_n - e_0), \quad e_0 \leq e \leq e_n,$$

что может быть приемлемо для хрупких материалов таких, например, как керамика, стекло, цементный камень, чугун, некоторые титановые сплавы. Величина $\eta = e_n/e_0$ является характеристикой хрупкости (чем она меньше, тем более хрупкий материал).

На рис. 2 показаны графики зависимости $q(e)$ при линейном росте степени разрушения $f(e)$ и различных значениях характеристики хрупкости η .

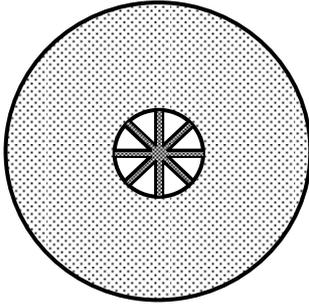


Рис. 1

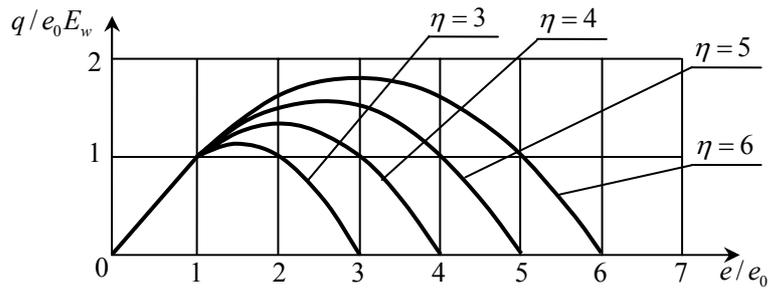


Рис. 2

Задача является многократно внешне статически неопределимой. Поэтому разрешающая система уравнений для пластины должна быть дополнена уравнениями совместности перемещений внутреннего контура пластины и концов стержней. Вследствие осесимметричности задачи все $n/2$ уравнений совместности перемещений одинаковы и их решение дает значение нагрузки p , если задаваться значением напряжения q , возникающего в результате взаимодействия контура пластины с каждым из стержней.

Пластина помещена в прямоугольные декартовы координаты x, y так, что ось x совмещена с осью одного из стержней, а начало координат располагается в центре пластины. Задача о плоском напряженном состоянии пластины решается методом Колосова-Мусхелишвили [2] с использованием конформного отображения внешности кругового выреза радиуса R на плоскости комплексной переменной $z = x + iy$ на внешность единичного круга с центром в начале координат плоскости комплексной переменной $\zeta = r \exp(i\theta)$. Отображение осуществляется функцией $z = \omega(\zeta) = R\zeta$.

Компоненты тензора напряжения вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \operatorname{Re}[2\varphi'(z) - \bar{z}\varphi''(z) - \psi'(z)], \\ \sigma_y &= \operatorname{Re}[2\varphi'(z) + \bar{z}\varphi''(z) + \psi'(z)], \\ \tau_{xy} &= \operatorname{Im}[\bar{z}\varphi''(z) + \psi'(z)]. \end{aligned}$$

Комплексные потенциалы Колосова-Мусхелишвили $\varphi(z), \psi(z)$ представляют собой суммы

$$\varphi(z) = \varphi_1(z) + \varphi_2(z), \quad \psi(z) = \psi_1(z) + \psi_2(z),$$

в которых $\varphi_1(z), \psi_1(z)$ – потенциалы задачи о действии нагрузки p при отсутствии нагрузки q и $\varphi_2(z), \psi_2(z)$ – потенциалы задачи о действии нагрузки q при отсутствии нагрузки p . Эти потенциалы после подстановки $z = \omega(\zeta)$:

$$\varphi_1(z) = pR\zeta/2, \quad \psi_1(z) = -pR/\zeta;$$

$$\varphi_2(z) = (qR/2\pi i) \sum_{k=1}^{2n} (-1)^k (\zeta_k - \zeta) \ln(\zeta_k - \zeta),$$

$$\psi_2(z) = (qR/2\pi i) \left[(1/\zeta) \sum_{k=1}^n \ln(\zeta_{2k}/\zeta_{2k-1}) + \sum_{k=1}^{2n} (-1)^k (1/\zeta_k) \ln(\zeta_k - \zeta) \right],$$

где ζ_k – точки единичной окружности на комплексной плоскости $\zeta = r \exp(i\theta)$, представляющие собой образы угловых точек стержней,

$$\zeta_k = \exp[-i\delta + i(k-1)\pi/n]$$

$$\text{при } k = 1, 3, 5, \dots, 2n-1,$$

$$\zeta_k = \exp[i\delta + i(k-2)\pi/n]$$

$$\text{при } k = 2, 4, \dots, 2n,$$

$2\delta = \zeta_1 \wedge \zeta_2 = \dots = \zeta_{2n-1} \wedge \zeta_{2n}$ – угол в радианах.

Запишем уравнение совместности перемещений внутреннего контура пластины и конца соосного оси x стержня. Перемещения в пластине u по направлению оси x и v по направлению оси y определяются формулой

$$2\mu(u + iv) = v_*\varphi(z) - z\bar{\varphi}'(z) - \bar{\psi}(z),$$

где $\mu = E/2(1+\nu)$, $v_* = (3-\nu)/(1+\nu)$,

E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, $\bar{\varphi}'(z) = \operatorname{Re}\varphi'(z) - i\operatorname{Im}\varphi'(z)$.

Ширина стержней принимается малой настолько, что перемещения точек по всей ширине контакта стержня с внутренним контуром пластины отождествляются с перемещением $u(R, 0)$. Вследствие непрерывности смещений в точках соединения стержня и пластины перемещение $u(R, 0)$ равно удлинению стержня eR от напряжения q . Это приводит к уравнению совместности перемещений

$$\operatorname{Re}[v_*\varphi(R) - R\bar{\varphi}'(R) - \bar{\psi}(R)] = 2\mu eR.$$

Левая часть этого уравнения содержит нагрузки p, q . Задаваясь последовательно возрастающими значениями $e \in [0, e_n]$, одинаковыми для всех стержней, и вычисляя по ним $q(e)$, из уравнения совместности можно вычислить по-

следовательно возрастающие значения нагрузки p . При известных значениях p , q можно проследить изменение поля напряжений в пластине от начала нагружения до полного разрушения стержней. Вместе с тем по значениям деформации e путем вычисления значений $f(e)$ можно проследить процесс разрушения стержней с изменением внешней нагрузки p . Полученные значения напряжений дают возможность сделать оценку несущей способности пластины из данного материала, подкрепленной n равномерно распределенными радиальными стержнями заданной ширины из заданного материала.

Примеры расчетов выполнены для материала пластины с коэффициентом Пуассона $\nu = 0.25$, модулем Юнга $E = 2 \cdot 10^5$ Н/мм² и материала стержней с модулем Юнга $E_w = 1.5 \cdot 10^5$ Н/мм², пределом целостности $e_0 = 0.001$ и характеристикой хрупкости $\eta = 5$. Полуширина стержней принималась равной $0.2R$.

В табл. 1 приведены результаты расчетов радиальных напряжений σ_r и тангенциальных напряжений σ_θ по внутреннему контуру пластины при $e = e_0$.

На рис. 3 показаны графики зависимости степени разрушения стержней f от нагрузки p при различном числе стержней n .

Задача решена в предположении, что напряжения взаимодействия каждого из стержней и внутреннего контура пластины распределены равномерно. Это упрощение приемлемо только в некоторых пределах значений ширины стержней. При допустимой на практике разнице в 5% перемещений осевой и угловой точек стержня допустимая полуширина стержней $h = 0.3R$. Расчет выполнялся при значении p , соответствующем моменту полного разрушения стержней.

Таблица 1

Число стержней	По контуру контакта со стержнем		По контуру между стержнями	
	σ_r/p	σ_θ/p	σ_r/p	σ_θ/p
2	0.96	2.75	0	1.79
4	1.02	2.57	0	1.55
6	1.01	2.34	0	1.33
8	0.97	2.11	0	1.14
10	0.93	1.90	0	0.97
12	0.90	1.70	0	0.81

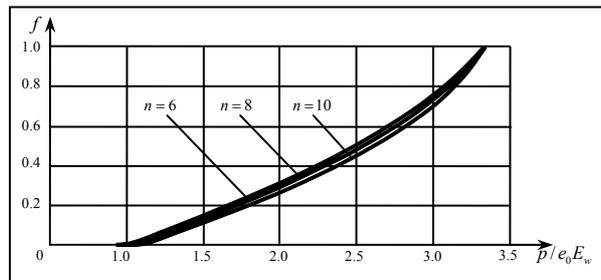


Рис. 3

Предлагаемая задача актуальна в машиностроении и строительстве при расчетах на прочность люков, лючков, иллюминаторов и т. п. и не нашла должного отражения в известной научной литературе о подкрепленных отверстиях в пластине [3, 4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарабрин Г. Т. Редуктивная модель процесса растяжения хрупкого материала и вопросы расчета с полной диаграммой нагружения // Бетон и железобетон. – 1994. – № 4. – С. 22–26; № 5. – С. 26–28.
2. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 708 с.
3. Малиновский А. П., Попов О. Н., Моисеенко М. О. Состояние вопроса по исследованию пластин и оболочек переменной толщины, ослабленных подкрепленными отверстиями, за период 1990–2000 гг // Вестник Томского гос. архит.-строит. ун-та. – 2002. – № 1. – С. 109–120.
4. Куришин Л. М., Расторгуев Г. И. Подкрепление кругового отверстия в пластинке равнонапряженным стержнем // Прикладные проблемы прочности и пластичности. – 1980. – № 16. – С. 88–95.
5. Chau K. T., Wei X. X. Stress concentration reduction at a reinforced hole loaded by a bonded circular inclusion // Trans ASME. J. Appl. Mech. – 2001. – 68, № 3. – p. 405–411.

УДК 519.872

*А. Ю. Холодов, Р. М. Зарипов***МЕТОД РЕКУРРЕНТНОЙ НАГРУЗКИ РАЗРЕЗОВ ВЕРОЯТНОСТНОГО ГРАФА ДЛЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (СМО) С ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНОЙ ПРОХОЖДЕНИЯ**

Астраханский государственный университет (artemhol@rambler.ru, rmzaripov@aspu.ru)

Рассматривается СМО, состоящая из N обслуживающих приборов с показательными независимыми распределениями интервалов времен обслуживания, простейшим входным потоком и циклической дисциплиной прохождения. Такая СМО описывается ориентированным графом, который с помощью метода рекуррентной нагрузки разрезов преобразуется в параллельно-последовательный вероятностный граф, используя который находится вероятность занятости (свободности) системы.

Ключевые слова: СМО, нагруженный разрез, занятость системы.

*A. Y. Kholodov, R. M. Zaripov***METHOD OF LOADING RECURRENT SECTION OF PROBABILITY GRAPH FOR QUEUE SYSTEM WITH CYCLE WAY**

At this paper is described queue systems is consisted n units with exponential independent distribution of times to service. Also system has to have simple entrance and cycle way of passing. This queue system is described by oriented graph and which is transformed to parallel-serial probability graph with the help of method of loading recurrent section. Next this graph is used to determine system state of busy (free).

Queue system, loading section, state of queue system.

Аннотация

Рассматривается СМО, состоящая из N обслуживающих приборов с показательными независимыми распределениями интервалов времен обслуживания, простейшим входным потоком и циклической дисциплиной прохождения. Такая СМО описывается ориентированным графом, который с помощью метода рекуррентной нагрузки разрезов преобразуется в параллельно-последовательный вероятностный граф, используя который находится вероятность занятости (свободности) системы.

Введение

Большинство работ по теории вероятностных потоков и теории СМО основаны на рассмотрении чисто марковских процессов (процессов без последствия, т. е. переход системы из состояния i в состояние j не зависит от переходов системы в состояние i), либо вводя определенные приближения и допущения сводятся к марковским (полумарковским) процессам [1].

Рассматриваемая СМО с циклической дисциплиной прохождения не описывается марковским процессом, т. к. переход системы из состояния i в состояние j возможен если система до этого не находилась в состоянии j – нарушение принципа "без последствия". Авторами предлагается метод для создания математической модели такого класса СМО, имеющий практическое применение для так называемых "экспертных задач". К задачам такого класса на практике можно отнести: обязательное страхование автогражданской ответственности (ОСАГО), профосмотр и дополнительная диспансеризация, образовательные процессы, предусматривающие контроль знаний, гарантийное и послепродажное обслуживание и т. п.

Постановка задачи

Рассматривается СМО, состоящая из N обслуживающих приборов с показательными независимыми распределениями интервалов времен обслуживания (соответственно: функции распределения – $G_i(t) = 1 - e^{-\mu_i t}$ и функции плотности распределения – $g_i(t) = \mu_i \cdot e^{-\mu_i t}$, $i = 1, 2, \dots, N$), простейшим входным потоком (соответственно: функция распределения – $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ и функция плотности распределения – $f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$) и циклической дисциплиной прохождения заявок (заявка покидает систему, если она была обслужена во всех приборах – порядок приборов значения не имеет).

Методы и результаты исследования

Метод вероятностных графов (МВГ) заключается в создании графа, отображающего структуру СМО – в качестве узлов используются обслуживающие приборы, в качестве ребер – доступные переходы между приборами. В качестве базовой характеристики метода используются вероятности занятости (свободности) дуг (обычно обозначают ω_k , где k – идентификатор дуги) и, используя структуру графа, находится вероятность занятости (свободности) всей СМО [2].

Поскольку в постановке задачи мы ввели в рассмотрение простейший входящий поток и показательные распределения интервалов времен обслуживания, то воспользуемся известными результатами, опишем их и примем за базисные (рис. 1) – введя принятые обозначения: λ характеризует простейший поток с функцией распределения $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ и μ_i – распределение интервалов времени обслуживания i -го прибора – $G_i(t) = 1 - e^{-\mu_i t}$.

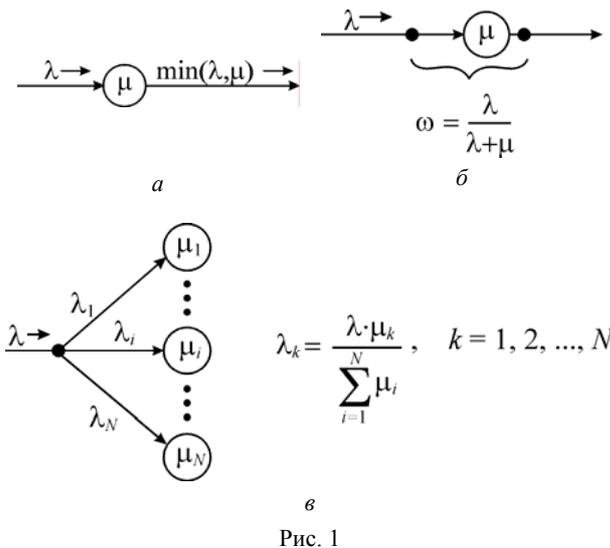


Рис. 1

Рис. 1а демонстрирует правило прохождения простейшего потока через прибор с показательным распределением интервалов времени обслуживания прибора – на выходе из прибора простейший поток с характеристиками: $\min(\lambda, \mu)$ – (I).

На рис. 1б определена вероятность занятости однолинейной системы: $\omega = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$ – (II).

Рис. 1в демонстрирует правило распределения прохождения простейшего потока по параллельно соединенным обслуживающим устройствам:

$$\lambda_k = \frac{\lambda \cdot \mu_k}{\sum_{i=1}^N \mu_i}, \quad \sum_{k=1}^N \lambda_k = \lambda, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad \text{-- (III)}$$

Также сошлемся на результат (IV) – сумма простейших входящих потоков (с характеристиками λ_i) также является простейшим входящим потоком (с характеристикой $\sum \lambda_i$).

Теперь обратимся к МВГ. Существует классификация структур вероятностных графов:

- параллельно-последовательные;
- мостиковые.

Для параллельно-последовательных графов, МВГ не вызывает затруднений, так как описаны "свертки" параллельных и последовательных соединений (рис. 2) и остается только аккуратно и последовательно применить эти правила к конкретному графу.

На рис. 2 продемонстрированы правила вычисления занятости соответственно:

а) для последовательного соединения – $\omega_{об.посл.} = 1 - (1 - \omega_1) \cdot (1 - \omega_2) \cdot \dots \cdot (1 - \omega_m)$ – (V);

б) для параллельного соединения – $\omega_{об.посл.} = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot \dots \cdot \omega_m$ – (VI).

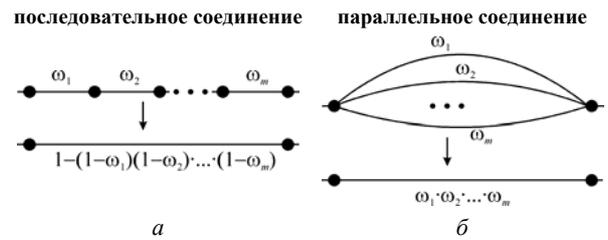


Рис. 2.

Для графов с мостиковыми структурами никаких конкретных правил, таких как для параллельно-последовательных структур, не существует. Применяется подход двухсторонней аппроксимации ("сверху и снизу"), т. е. в рассмотрение вводятся два параллельно-последовательных графа, для каждого определяется вероятность занятости системы. В качестве итоговой информации дается заключение о том, что вероятность занятости мостиковой структуры находится в границах (ограничивается "сверху и снизу"), причем очевидно, "качество границ" зависит от выбранных, в качестве критериев, параллельно-последовательных структур.

Теперь вернемся к поставленной задаче – введенной СМО соответствует вероятностный граф со сложной и неинформативной структурой (рис. 3).

Из всего выше сказанного в данном разделе, следует логическое следствие – требуется ввести алгоритм, посредством которого получить "преобразование" сложной мостиковой структуры в сложную параллельно-последовательную структуру. Для этого применим **метод рекуррентной нагрузки разрезов вероятностного графа** [3].

Его суть заключается в том, что граф (рис. 3) преобразуется в вероятностный параллельно-последовательный граф "всевозможных путей" (рис. 4.), на котором вводятся разрезы и определенные правила "переноса" потоков на разрез с использованием предыдущих разрезов.

Остановимся более детально на обозначениях вершин графа (2-а типа):

вершины типа "q", где $q = 1, 2, \dots, N$.

вершины типа " $k_{d_1, \dots, d_i, \dots, d_h}$ ", где $k = 1, 2, \dots,$

N , d_i можно описать рекуррентно: $d_1 = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, N$, или если $\Omega = \{1, 2, \dots, N\}$, то

$$d_i = \Omega \cap k \cap [\bigcup_{l=1}^{i-1} k_l], \quad \text{т. е. } k - \text{обслуживающий}$$

прибор через который заявка вошла в систему, индексы d_i содержат информацию о последовательности прохождения заявкой других обслуживающих приборов (повторение исключается).

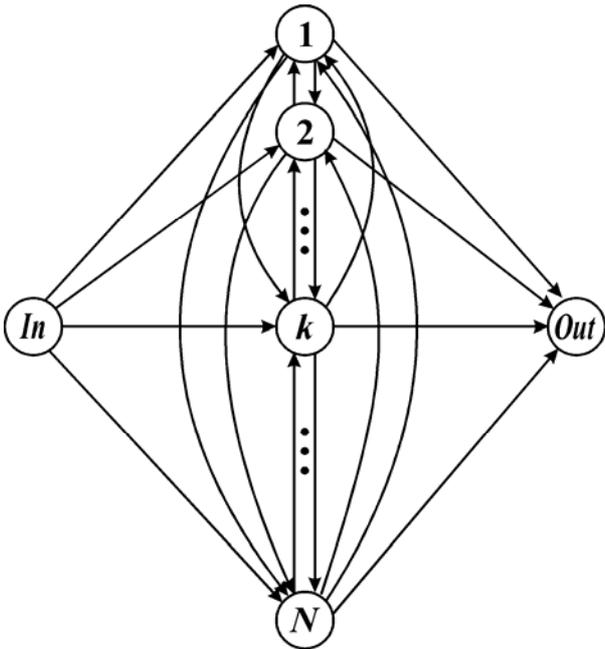


Рис. 3.

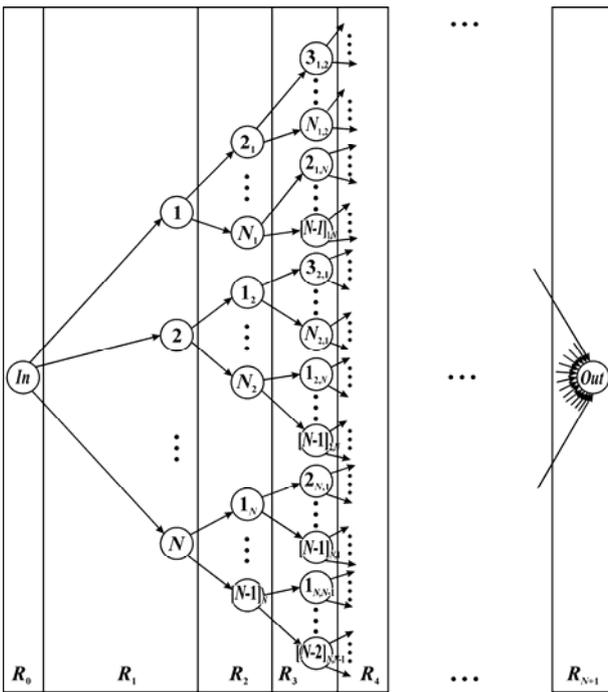


Рис. 4.

Граф (рис. 4) фактически описывает некую задачу с системой, состоящей из $2 \cdot N!$ обслуживающих приборов и определенными связями между ними, но он дает нам графическую интерпретацию возможных путей заявки в узле нашей задачи.

Очевидно, что вершины типа "q" и " $k_{d_1, \dots, d_i, \dots, d_h}$ ", при $q = k$ есть суть одни и те же об-

служивающие приборы, только тип " $k_{d_1, \dots, d_i, \dots, d_h}$ " подразумевает под собой приход заявки на обслуживание в k прибор через последовательность d_i . Введем для графа (рис. 4) разрезы R_j ($j = 0, 1, 2, \dots, N, N+1$) Под разрезом будем понимать набор вершин графа и входящие в них дуги (для использования (II) – вычисление занятости однолинейной системы).

Идея метода состоит в том, что для установления характеристик входящего потока по дуге к обслуживающему прибору $k_{d_1, \dots, d_i, \dots, d_h}$ в разрезе R_{h+1} нами используются характеристики всех потоков из разрезов R_j ($j = 1, \dots, h$) к соответствующим вершинам (приборам) $k, d_1, \dots, d_i, \dots, d_{h-1}$, т. е. в названии метода вполне оправдано использования слова "рекуррентный".

Начиная с разреза R_2 потоки входящие в вершины типа q (разрез R_1) переносятся (в данном случае складываются, используя (IV)) с потоками определенными по "правилу прохождения" (I), входящими в вершины типа $k_{d_1, \dots, d_i, \dots, d_h}$ при $k = q$ и делятся (используя (III)) на их количество. Далее процедура продолжается – для разреза R_3 используется информация с разрезов R_1 и R_2 и т. д.

Следующий этап – определение вероятностей занятости дуг (используя (II)) и используя (V) и (VI) – "свертки" вероятностного графа и получения итоговой вероятности занятости системы.

И в заключении хотелось бы отметить, что, применив аксиоматическое утверждение, что группа обслуживающих приборов, рассматриваемая как узел, со временем начинает себя вести как единый прибор с показательным распределением времени обслуживания [4], можно перейти к функции распределения узла.

В качестве примера последовательностей действий при методе рекуррентной нагрузки разрезов вероятностного графа, рассмотрим первый нетривиальный пример с двумя обслуживающими приборами (рис. 5).

Используя (III), получаем:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda \cdot \mu_1}{\mu_1 + \mu_2}, \quad \lambda_2 = \frac{\lambda \cdot \mu_2}{\mu_1 + \mu_2}. \quad (1)$$

Используя (I) и (IV):

$$\lambda_{2,1} = \min(\lambda_1, \mu_1) + \lambda_2, \quad \lambda_{1,2} = \min(\lambda_2, \mu_2) + \lambda_1. \quad (2)$$

Теперь перейдем к рис. 6 на котором представлен тот же граф но уже с обозначениями вероятностей занятости дуг – ω , где используя (II):

$$\omega_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1}, \quad \omega_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2}, \quad (3)$$

$$\omega_{2,1} = \frac{\lambda_{2,1}}{\lambda_{2,1} + \mu_2}, \quad \omega_{1,2} = \frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_{1,2} + \mu_1}, \quad \omega_{out} = 0.$$

Теперь используя (V) и (VI) производим "свертку" – вероятность занятости всей системы:

$$\omega_{Total} = (1 - (1 - \omega_1) \cdot (1 - \omega_{2,1}) \cdot (1 - \omega_{out})) \cdot (1 - (1 - \omega_2) \cdot (1 - \omega_{1,2}) \cdot (1 - \omega_{out})) \quad (4)$$

И, наконец, используя (II):

$$\omega_{Total} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu_{Total}} \text{ т.е. } \mu_{Total} = \frac{\lambda - \lambda \cdot \omega_{Total}}{\omega_{Total}}, \quad (5)$$

получаем асимптотическую характеристику показательного распределения интервалов времен обслуживания всей системы.

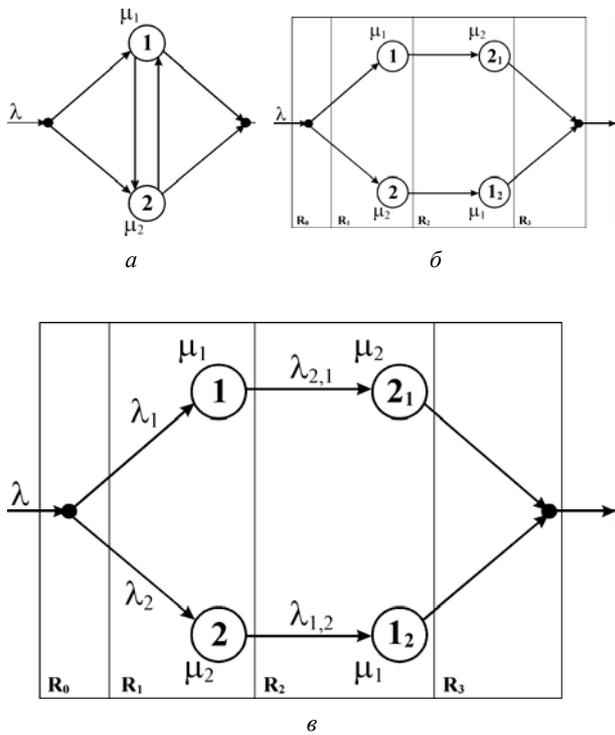


Рис. 5.:

a – орграф описывающий систему, *б* – преобразование в вероятностный параллельно-последовательный граф и введение разрезов, *в* – установление потоков к приборам

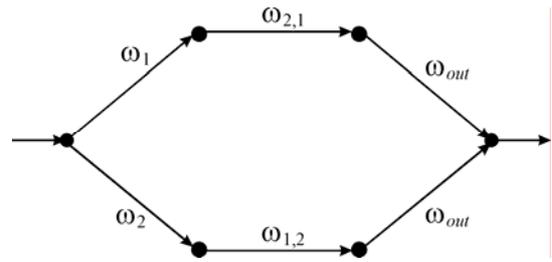


Рис. 6.

Заключение

Предложен метод для построения математических моделей СМО, не описываемой марковским процессом, основанный на теории вероятностных графов, результатом которого является функция распределения узла, дающая наиболее полную информацию о работе системы.

Выше было отмечено, что при N обслуживающих приборов, вероятностный параллельно-последовательный граф "всевозможных путей" имеет 2*N! вершин, поэтому при решении практических задач при N > 4, использование вышеизложенного алгоритма требует оптимизированного расчетного метода, т. е. очевидно следующим шагом должна стать разработка автоматизированной системы, призванной решать задачи такого класса. Такая система должна создаваться на базе объектно-ориентированных языков программирования, т. к. рекурсия нагрузки в разрезах должна реализовываться через гибкий механизм наследования свойств классов.

С другой стороны актуальным направлением исследований выглядит использование средств имитационного моделирования для поиска оптимизации внутри узлов систем с частичным ограничением цикличности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.: Издательский центр "Академия", 2003.
2. *Лифшиц Б. С., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д.* Теория телетрафика. – М.: Связь. 1979.
3. *Холодов А.Ю.* Метод вероятностных графов для систем массового обслуживания (СМО) с циклической дисциплиной обслуживания. Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – 8(21). – С. 355–360.
4. *Руордан Дж.* Вероятностные системы обслуживания – М. Связь: 1996.

УДК 66.02: 532

М. В. Щербаков, Н. Л. Щербакова

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ АППРОКСИМАЦИИ БЕЗРАЗМЕРНОЙ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ КАНАЛАХ

Волгоградский государственный технический университет (max@gebeus.ru)

В статье рассматриваются модели аппроксимации безразмерной радиальной скорости течения жидкостей во вращающихся криволинейных каналах. Рассмотрена степенная модель, наиболее часто используемая в инженерных расчетах и нейросетевая модель. Показано что нейросетевая модель является более точной и даны рекомендации по ее использованию в методиках.

Ключевые слова: реология, течение жидкости, математическое моделирование, аппроксимация, нейронные сети.

M. V. Sherbakov, N. L. Sherbakova

THE COMPARISON OF APPROXIMATION MODELS FOR LIQUID FLOWS VELOCITY FUNCTION IN THE ROTATING MECHANISM'S CURVILINEAR PARTS

The approximation models for the function of liquid flows velocity was represented in the article. The velocity function was defined in the curvilinear part of the rotating mechanism. The power model often used in engineering methods was compared with more accurate neural networks model. The results of comparison was described.

Reology, liquid flows, modeling, approximation, neural networks.

Конструкции многих аппаратов химической, пищевой, нефтехимической, фармацевтической промышленности включают в себя вращающиеся криволинейные каналы. Важным параметром течения любых жидкостей в таких каналах является радиальная скорость течения, определяющая вид течения [1]. Данный параметр определяется зависимостью вида:

$$\vartheta_r = U_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^{\frac{n}{2-n}} \cdot f(\delta), \quad (1)$$

где U_0 – характерная для вращающихся потоков скорость; r_0 – радиус подводящей трубы в начале участка течения, r – расстояние до рассматриваемого сечения, n – индекс течения, δ – автомодельная переменная, f – безразмерная радиальная скорость.

В результате численного решения дифференциальных уравнений движения жидкости во вращающемся криволинейном канале, уравнения неразрывности и уравнения теплопереноса были получены значения распределения компонент скорости, в том числе и f . Решения были получены для различных значений параметров: Re – модифицированное число Рейнольдса, Pe – модифицированное число Пекле, Ed – модифицированное диссипативное число, ξ – коэффициент проницаемости.

Для методики инженерного расчета конструкций указанного типа, актуальной является задача построения непрерывной функции, аппроксимирующей полученные численные значения безразмерной радиальной скорости.

В качестве первой модели аппроксимации безразмерной радиальной скорости, была выбрана степенная модель. Данная модель является наиболее распространенной в инженерных методиках проектирования рассматриваемых конструкций. Полученная модель представлена зависимостью:

$$f = \delta^{1,69n} Re^{*1,3n} \cdot Pe^{*0,62n} \cdot Ed^{*0,09n} \cdot \xi^{0,32n}.$$

При полученной модели аппроксимации исходного численного решения среднеквадратичная ошибка равна 0.251.

В качестве альтернативной модели аппроксимации численного решения использовалась трехслойная полносвязанная нейронная сеть [2]. Функционирование элементов нейронной сети осуществляется следующим образом. Для нейронов входного слоя (нейрон – рецептор):

$$y = x,$$

где x – входной сигнал на нейрон, y – выходной сигнал.

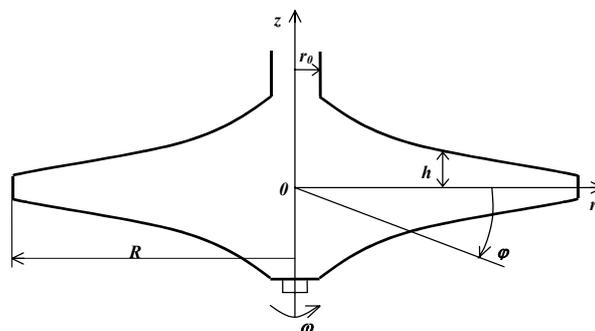


Рис. 1. Схема криволинейного канала

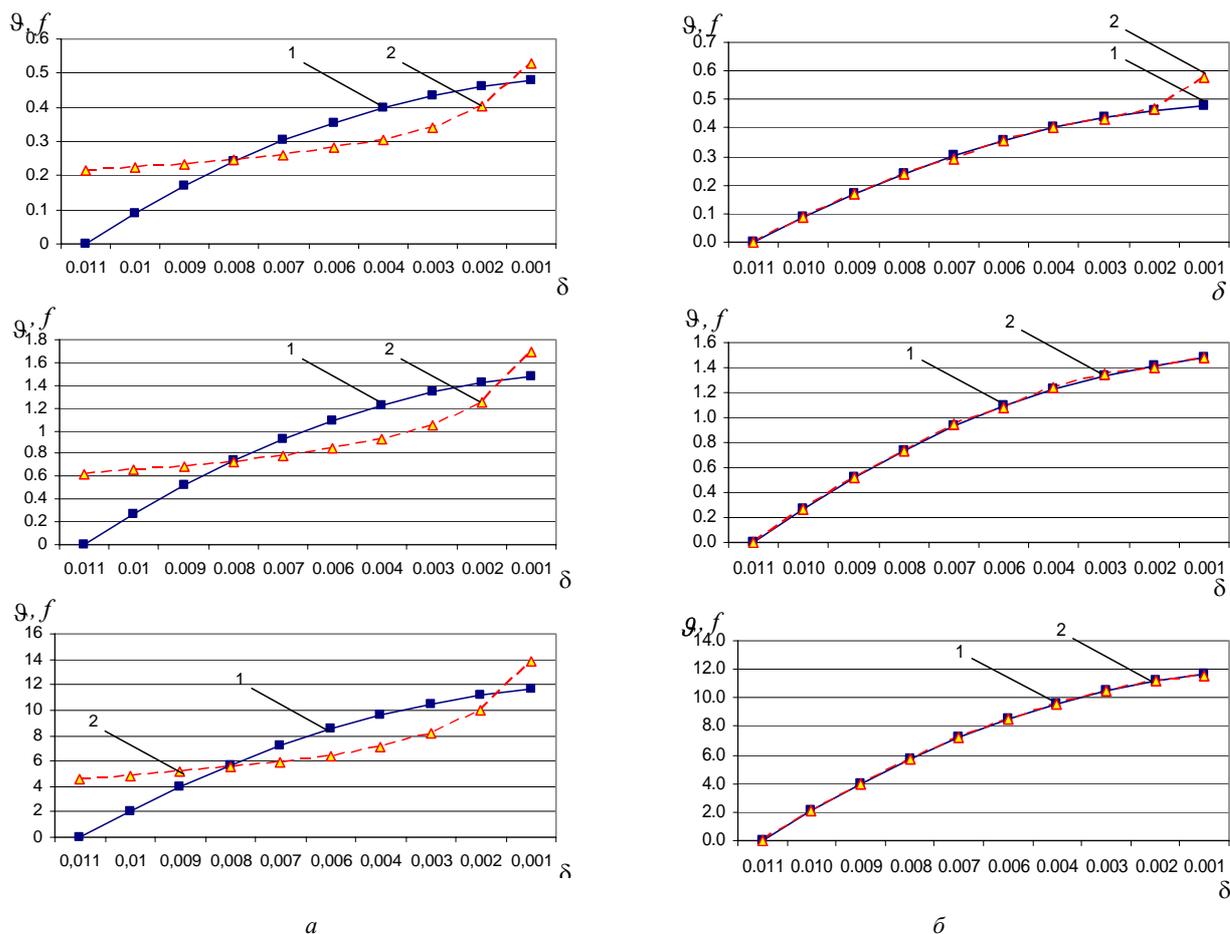


Рис. 2. Соотношение значений численного решения и функции, аппроксимирующей численное решение: а) степенной моделью; б) нейросетевой моделью. Цифрой 1 обозначен ряд значений численного решения функции – g , 2 – ряд значений аппроксимирующей функции – f

Для нейронов скрытого и выходного слоев (нейрон адаптивный сумматор):

$$y_k = f(s_k), \quad s_k = \sum_j w_{jk} y_j + \beta_k,$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha x)},$$

где $\alpha = 1$ параметр крутизны сигмоиды.

Были проведены несколько экспериментов обучения нейронных сетей различной структуры: варьировалось количество нейронов в скрытом слое сети. Наиболее точной оказалась сеть с 20 нейронами в скрытом слое. Обучение осуществлялось с использованием пакета Deductor Studio компании BaseGroup Labs. Полученная в результате обучения нейронной сети функция, аппроксимирующая исходное численное решение имеет вид:

$$y = f\left(\sum_{j=1}^{20} w_{jk} f\left(\sum_{i=1}^6 w_{ij} x_i + \beta_j\right) + \beta_k\right)$$

Среднеквадратичная ошибка аппроксимации при нейросетевом подходе составила: 0,005.

Сравнение результатов аппроксимации двух моделей представлены на рис. 2.

Выводы

1. Нейросетевая модель аппроксимации безразмерной радиальной скорости является более точной, нежели степенная.

2. Для инженерной методики проектирования технических конструкций важно получить привычную для инженера и несложную при вычислениях зависимость. Для этого используется степенная модель, отражающая физическую сущность процесса.

3. Нейросетевая модель является менее понятной и громоздкой при вычислении. Для упрощения работы с данной моделью целесообразно снабжать методику инженерного расчета программным пакетом, рассчитывающим значение функции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябчук Г. В., Щербакова Н. Л. Моделирование течения неньютоновской жидкости в многосекционном центробежно-экструзионном грануляторе // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2004. – Т. 47, вып. 7. – С. 99–101.
2. Галушкин А. И. Теория нейронных сетей. Кн. 1: Учеб. пособие для вузов / Общ. ред. А.И.Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.

УДК 004.942

В. Л. Бердник, А. В. Заболева-Зотова
**ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ СУЩНОСТИ
ЗАДАННОЙ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ТЕКСТОМ**

Волгоградский государственный технический университет (bwlg@inbox.ru, zabzot@vstu.ru)

В статье выполнена формализация задачи семантического сравнения высказываний идентификации сущности. В частности представлено теоретико-множественное описание имен сущностей, денотативной семантики. В статье рассмотрена проблема неполноты информации семантического сравнения имен сущности.

Ключевые слова: определяющий предикат, высказывание идентификации сущности.

V. L. Berdnik, A. V. Zaboljeva-Zotova
IDENTIFICATION ESSENCE PROBLEM SPECIFY BY SEMISTRUCTURED TEXT

The article describes the formalization of semantic comparison problem of identification essence expression. Particularly, set-theoretic formulation of essence names and denotation semantic is considered. The article considers the problem of incomplete information in semantic comparison essence name.

Crucial predicate, identification essence expression.

С развитием компьютерных информационных систем, все чаще возникают практические задачи, решение которых невозможно без привлечения методов анализа естественного языка. Так, в маркетинговых исследованиях иногда требуется сопоставить между собой большие группы товаров конкурентов, единственной идентификацией которых является строка с определенными лингвистическими особенностями. В качестве товара могут выступать любые материальные и нематериальные ценности, в общем случае – сущности.

Под высказыванием идентификации сущности (далее – **высказывание**) будем понимать символьную строку конечной длины. Такая строка должна идентифицировать сущность, либо группу семантически близких сущностей, воспринимаемых, согласно предметной области, как единое явление.

Исследования проводились на основе оригинальной интерактивной адаптивной компьютерной системы, в которой фиксируется и накапливается специальный лингвистический корпус высказываний в соответствии с предметной областью.

Введем следующие обозначения:

U – универсум высказываний, в данном случае, специальный корпус текстов;

S – множество идентифицируемых сущностей;

C – универсум семантических признаков (универсум предикатов сущностей).

Ограничим область исследований так, что между множествами U и S существует сюръекция $f: U \rightarrow S$, где f – идентификация сущности. Это достигается тем, что во множестве S некоторые группы семантически близких сущностей, согласно предметной области, представ-

лены как единый элемент множества. Очевидно, что универсум U состоит из подмножеств T высказываний-синонимов:

$$T_s = \{t: (\exists s \in S) (\forall t \in U) [s = f(t)]\}$$

Примеры высказываний идентификации сущности.

Специальный корпус текстов "Технологии анализа текста":

- Технология лексического анализа Alex;
- Технология семантического анализа текста SemLP.

Специальный корпус текстов "Компьютерные комплектующие":

- Переходник клавиатуры AT->PS/2;
- Мат. плата Socket-AM2 MSI K9N SLI-2F (nVIDIA nForce 570SLI) ATX Ret.

Специальный корпус текстов "Радиофизика":

- Коаксиальный волновод с азимутально-намагниченным гиротропным наполнителем.

Высказывания идентификации сущности представляет собой произвольную последовательность семантически самостоятельных единиц (далее – **термов**). Строго говоря, границы термов синтаксически не заданы. Действительно, в предыдущем примере подстроки "Мат. Плата", "Socket-AM2" и "MSI" указывают на различные семантические признаки, отделены пробелами, но синтаксически между собой не связаны.

Для любого высказывания V :

$$(\forall V \neq \varepsilon V \in U \exists \{p_1 p_2 \dots p_k\} \subset P: V = p_1 p_2 \dots p_k),$$

где: V – произвольное высказывание;

P – универсум термов;

ε – пустая строка;

$\{p_1, p_2 \dots p_k\}$ – упорядоченное множество термов;

k – количество термов высказывания.

В качестве термина может выступать:

- предложение;
- часть предложения (в том числе, причастный и деепричастный оборот);
- словосочетание;
- слово;
- сложносокращенное слово;
- аббревиатура;
- сокращенное написание слова;
- условное кодовое обозначение
- число.

Между терминами P и предикатами C существует соответствие $\zeta: P \rightarrow C$. В качестве элемента множества C может выступать:

- референт термина;
- нарицательное значение условного кодового обозначения;
- нарицательное значение числа (номер изделия), или, совместно с контекстом, указание на морфологическое строение изделия.

Различные сущности должны иметь различный набор предикатов. Пусть s_1, s_2 – сущности, C_1, C_2 – соответствующие множества предикатов.

$$(\forall s_1 = \gamma(C_1), \forall s_2 = \gamma(C_2), s_1 \neq s_2) \Rightarrow [C_2 \neq C_1]$$

В отличие от лингвистического описания сущности, введем более строгие ограничения:

$$(\forall s_1 = \gamma(C_1), \forall s_2 = \gamma(C_2), s_1 \neq s_2) \Rightarrow \\ \Rightarrow (C_2 \neq C_1) \wedge (C_1 \not\subset C_2) \wedge (C_2 \not\subset C_1)$$

Это возможно, если в множествах C_1 и C_2 задается как наличие, так и отсутствие семантического признака. Аналогично, с помощью характеристической функции множества:

$$M = C \times S, \mu_M \langle c, s \rangle = \begin{cases} 1, & \text{если } s \text{ обладает } c \\ 0, & \text{если } s \text{ не обладает } c \end{cases}$$

Множество предикатов состоит из двоек:

$$C = \{ \langle y, x \rangle \},$$

где x – унарный предикат, определяющий отношение "иметь значение", характеризует свойство выбора одной из альтернативных сущностей. Например, сущность "цвет" определяется значениями ($I_1 = \text{красный}$, $I_2 = \text{синий}$, $I_3 = \text{зеленый}$), фрагмент текста "зеленый цвет" – $C = I(\text{цвет})(x(I_3))$,

y – идентификатор совокупности альтернативных сущностей [1].

Введем множество $O \subset C$ определяющих предикатов S , следующим образом.

$$((\exists y \forall x O = \{ \langle y, x \rangle \} O \subset C) (\forall s = \gamma(C_s)) [O \cap C_s \neq \emptyset])$$

В высказываниях маркетинговых исследований в качестве определяющего предиката указывается вид продукта или изделия.

Множество S состоит из классов сущностей S_o по определяющему предикату.

$$(\exists S_o \subset S, \exists C_o \subset C, \exists o \subset O, S_o = \gamma(\{C_o\}), [O \cap \{C_o\} = o])$$

Классы сущностей имеют собственные подмножества предикатов.

$$L = C \times O,$$

$$\varepsilon_L \langle c, o \rangle = \begin{cases} 1, & \text{если } \exists C_L, c \in C_L, o \in C_L, \gamma(C_L) \neq \emptyset \\ 0, & \text{если } \forall C_L, c \in C_L, o \in C_L, \gamma(C_L) = \emptyset \end{cases}$$

Следовательно

$$(\forall S_o \exists o \in O, S_o = \gamma(o, C_o)),$$

Определяющий предикат сущности, не всегда представлен в высказывании и зависит от контекста K .

$$O = \nu(U, L, K)$$

Для высказываний идентификации сущностей, справедливо:

$$(\exists V_1 = \{w\}, \exists V_2 = \{w\} : f(V_1) \neq f(V_2)) \Rightarrow V_1 \subset V_2$$

Пример:

- V_1 : "Кресло офисное Martin 100";
- V_2 : "Кресло офисное Martin 100 с подлокотником";
- V_3 : "Кресло офисное Martin 100 белое".

В зависимости от контекста, для высказывания "Кресло офисное Martin", возможна идентификация двух различных сущностей:

- Любое офисное кресло торговой марки "Martin 100";
- Кресло офисное Martin 100 без подлокотника.

Высказывание V_1 не содержит информацию о важном семантическом признаке – наличии подлокотника, что может расцениваться либо как изделие без подлокотника, либо произвольное состояние изделия. Идентификация сущности по высказыванию требует знаний о предметной области и правил получения отсутствующих семантических признаков [2].

Частным случаем семантической модели высказываний, является дерево, где недостающие признаки высказываний V_2, V_3 наследуются из родительской сущности V_1 .



Рис 1.

Идентификация сущности сводится к решению следующих задач:

$$s = f(V) = \gamma (C_k \cup C_v) = \gamma (\xi(\psi (V), K) \cup \zeta(\psi (V)))$$

где:

$C_k = \xi(\psi (V), K)$ – подмножество семантических значений C_k , полученное из высказывания V и контекста K ;

$C_v = \zeta(\psi (V))$ – подмножество семантических значений C_v , представленное в высказывании V ;

$\psi(V)$ – определение границ частей высказывания.

Пример:

$V =$ "Мат. плата Socket-AM2 MSI **K9N** SLI-2F (nVIDIA nForce 570SLI) ATX Ret"

$P = \psi(V) = \{$ " Мат. плата", " Socket-AM2", " MSI", " **K9N** SLI-2F", " (nVIDIA nForce 570SLI)", "ATX", " Ret" $\}$

$C_v = \zeta(P) = \{$ <Вид изделия, Материнская плата>

<Конструкция разъема процессора, Socket-AM2>

<Производитель, MSI(Microstar)>

<Уникальное кодовое обозначение, **K9N** SLI-2F>

<Центральный чип изделия, nVIDIA nForce 570SLI>

<Стандарт размера и расположения деталей, ATX>

<Комплектация, Retail>

$o =$ <Вид изделия, Материнская плата>

$C_k = \xi(\psi (V), K) = \{$ <Форм-фактор, ATX> \Rightarrow <число слотов, 5 slots>

<Класс чипсета, SLI> \Rightarrow < число PCI-E, 2 slots> \Rightarrow

< число PCI, 3 slots>

По матрице $M = C \times S$, получаем искомое значение s .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кукушкина О. В., Поликарпов А. А., Столяров Л. Н., Столярова Е. М. Новостная машина для экспресс-анализа текстовых потоков электронных СМИ // Труды конференции "Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии", Иркутск, 2003 г.
2. Заболева-Зотова А.В. Естественный язык в автоматизированных системах. Семантический анализ текстов. Монография. – Волгоград: ВолгГТУ, 2002. – 228 с.

УДК 678.5

Е. В. Дербишер*, И. В. Гермасhev, В. Е. Дербишер***
АНАЛИЗ СВОЙСТВ ИНГРЕДИЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

*Волгоградский государственный технический университет,
 **Волгоградский государственный педагогический университет (germashev@vupc.vlink.ru)

В статье рассматриваются подходы к анализу влияния отдельных ингредиентов на совокупные свойства полимерной композиции. Изложенные методы, с использованием нечетких множеств, позволяют провести разностороннее вычислительное исследование как реального, так и виртуального органического соединения в качестве добавки к полимерной композиции.

Ключевые слова: полимерные композиции, нечеткие множества, ингредиенты полимерной композиции, прогноз свойств полимерной композиции.

E. V. Derbisher, I. V. Germashev, V. E. Derbisher
ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF THE INGREDIENTS OF POLYMER COMPOSITIONS
USING FUZZY SETS

This article discusses the approaches to the analysis of the individual ingredients' influence to the combined properties of the polymer composition. The above methods, using fuzzy sets, allow for diverse computing research both real and virtual organic compounds as an additive to the polymer composition.

Polymer composition, fuzzy sets.

Одним из направлений совершенствования современных полимерных композиций (ПК) является поиск ингредиентов ПК, обеспечивающих оптимальное соотношение потребительских качеств и конкурентоспособности конечного продукта [1–2].

Здесь хорошо зарекомендовали себя компьютерные методы исследования зависимости "структура – активность" [3]. Для описания структуры ингредиентов в этом случае используется дескрипторный подход [4]. Этот метод широко применим, но каждый раз требует определенной адаптации под конкретную задачу.

Для адаптации этих методов к решению задач выбора ингредиентов к ПК нами были при-

влечены идеи, основанные на использовании теории нечетких множеств (НМ). В ходе работы рассмотрены приведенные ниже задачи:

1. Ранжирование активных добавок к ПК
 Сформулируем задачу в математическом виде.

Пусть $S = \{s_i | i = \overline{1, n}\}$ — множество, состоящее из n объектов (в нашем случае это активные добавки к ПК). Для каждого объекта s_i определено m характеристик $Q_{ij}, j = \overline{1, m}$. Выделим эталонный объект s_0 и его характеристики Q_{0j} . Характеристики Q_{0j} подбираются таким образом, чтобы s_0 был оптимальным, с точки зрения предъявляемых требований к добавкам.

Построим для Q_{ij} НМ $\hat{Q}_{ij}, i = \overline{0, n}, j = \overline{1, m}$.

Для этого определим x_j с областью значений G_j . Значения переменной x_j , удовлетворяющие характеристике Q_{ij} , составят отрезок X_{ij} . Определим середину q_{ij} и радиус $\delta_{ij} > 0$ отрезка X_{ij} :

$$X_{ij} = [q_{ij} - \delta_{ij}; q_{ij} + \delta_{ij}].$$

Далее для Q_{ij} подбираем функцию принадлежности μ_{ij} . Исходя из построения X_{ij} , получаем, что в q_{ij} функция имеет точку максимума, в пределах X_{ij} функция принадлежности принимает значения больше 0,5, а вне X_{ij} – меньше:

$$\mu_{ij}: G_j \rightarrow [0; 1], \mu_{ij}(q_{ij}) = 1, \mu_{ij}(x_j) \geq 0,5 \Leftrightarrow x_j \in X_{ij}.$$

В рамках решения предлагаемых задач воспользуемся функцией [5]:

$$\mu_{ij}(x_j) = e^{-\frac{\ln 2}{\delta_{ij}^2}(x_j - q_{ij})^2}, \quad i = \overline{0, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

тогда $\hat{Q}_{ij} = \{x_j | \mu_{ij}(x_j)\}$, $i = \overline{0, n}, j = \overline{1, m}$.

Вычислим индекс равенства v_{ij} соответствующих НМ:

$$v_{ij} = \max_{G_j} \min(\mu_{ij}(x_j), \mu_{0j}(x_j)),$$

причем значение 1 будет соответствовать абсолютному равенству, а 0 – абсолютному неравенству. Для функций принадлежности приведенного вида получено, что значение v_{ij} достигается в точке пересечения функций принадлежности, указанных в качестве его аргументов, откуда вытекает:

$$v_{ij} = \mu_{0j}(x_{ij}^*),$$

где $x_{ij}^* = \frac{q_{ij}\delta_{0j} + q_{0j}\delta_{ij}}{\delta_{0j} + \delta_{ij}}$, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$.

В итоге получим интегральную оценку v_i соответствия совокупности характеристик s_i совокупности характеристик s_0 :

$$v_i = \sum_{j=1}^m \alpha_j v_{ij},$$

где $\alpha_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$. Здесь α_j является весом j -того критерия.

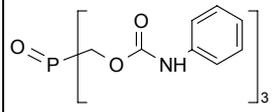
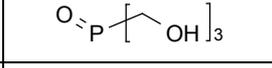
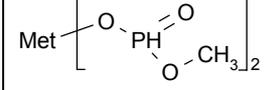
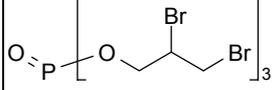
Проведя вычисления получим число v_i , показывающее ранг соединения s_i .

В табл. 1 приведен пример ранжирования выборки антипиренов [6] для композиций на основе промышленного полиуретана (ПУ) ($n = 4$ и $m = 3$).

В качестве критериев использованы следующие характеристики: условный кислородный индекс (%) (x_1); концентрация (%) антипирена в полимерной композиции (x_2); мольная доля (%) фосфора в антипирене (x_3).

Таблица 1

Активность в ряду фосфорсодержащих антипиренов

№ добавки, i	Формула антипирена		Номер параметра, j			Ранг v_i
			1	2	3	
1		q_j	16	6,2	6,2	0,52
		δ_j	1	0,1	0,1	
2		q_j	17	18	22,1	0,53
		δ_j	1	0,1	0,1	
3		q_j	20	28,1	27	0,66
		δ_j	1	0,1	0,1	
4		q_j	10	4,4	4,4	0,70
		δ_j	1	0,1	0,1	

2. Классификация ингредиентов в однородном наборе

1. Классификация проводилась как по функции (пластификатор, стабилизатор, антипирен и т. д.), так и по степени воздействия добавки на конечный продукт.

Для конкретного случая (табл. 1) применялись следующие показатели v : высоко активные – 0,70–1,00, умеренно активные – 0,60–0,69, мало активные – 0,40–0,59, неактивные – 0,00–0,39.

Результаты классификации антипиренов (табл. 1) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Классификация фосфорсодержащих антипиренов ПУ

№ добавки, i	Классификация	Апробация
1	Мало активная	отрицательная
2	Мало активная	отрицательная
3	Умеренно активная	положительная
4	Высоко активная	положительная

3. Экспертиза веществ

Под экспертизой понимается заключение о том, насколько вещество удовлетворяет технологическим, экологическим и другим условиям. Этот вопрос может быть рассмотрен следующим образом. Пусть некоторое вещество (соединение) s_0 удовлетворяет всем требованиям. Тогда для экспертизы соединения s , надо вычислить ранг v для s относительно s_0 , так, как это было показано выше. Проведем их экспертизу упомянутых выше антипиренов (табл. 1)

по следующим выборочным условиям: как можно большее значение x_1 ; наименьшее значение x_2 и x_3 . Приведенные здесь условия совпадают с параметрами ранжирования добавок (табл. 1). Поэтому показатель v_i является также и экспертной оценкой. Наилучшая добавка № 4 (табл. 1) отвечает условиям экспертизы на 70 %.

4. Прогноз свойств веществ

Метод прогноза основан на том факте, что при добавлении к множеству элемента, уже принадлежащего этому множеству, множество никак не изменится. На этой основе, например путем объединения множеств дескрипторов каждой добавки к ПК, можно создать множество дескрипторов класса добавок к ПК.

Рассмотрим методику в математическом виде.

Пусть имеется множество добавок (химических соединений) к ПК $S = \{s_i | i = \overline{1, n}\}$ и множество дескрипторов $D = \{d_j | j = \overline{1, m}\}$. Частоту появления дескриптора d_j в соединении s_i обозначим через v_{ij} . Построим четыре множества:

$S^0 = \{s_i^0, i = \overline{1, n^0}\}$ – множество неактивных добавок,

$S^1 = \{s_i^1, i = \overline{1, n^1}\}$ – множество мало активных добавок,

$S^2 = \{s_i^2, i = \overline{1, n^2}\}$ – множество умеренно активных добавок,

$S^3 = \{s_i^3, i = \overline{1, n^3}\}$ – множество высоко активных добавок.

Причем, $S = \bigcup_{k=0}^3 S^k$, $n = \sum_{k=0}^3 n^k$. Вычислим частоту появления v_j^k дескриптора d_j среди S^k :

$$v_j^k = \sum_{i=1}^{n^k} v_{ij}^k,$$

Для каждого класса добавок S^k построим НМ \hat{D}^k дескрипторов, описывающих соединения данного класса:

$$\hat{D}^k = \{d_j | \mu^k(d_j) | j = \overline{1, m}\}$$

\hat{D}^k , по сути, является статистическим образом добавки класса S^k .

Определим функцию принадлежности $\mu^k(d_j)$, как оценку вероятности появления дескриптора d_j среди дескрипторов класса S^k :

$$\mu^k(d_j) = \begin{cases} \frac{v_j^k}{v_j}, v_j \neq 0 \\ 1/4, v_j = 0 \end{cases}, \text{ где } v_j = \sum_{k=0}^3 v_j^k.$$

Добавим соединение s в класс S^k и получим новый класс S_s^k :

$$S_s^k = S^k \cup \{s\}.$$

Вычислим Δ^k – индекс изменений, произошедших в классе S^k . В качестве оценки Δ^k возьмем индекс несходства НМ \hat{D}^k и \hat{D}_s^k [7]:

$$\Delta^k = 1 - S(C\hat{D}^k, C\hat{D}_s^k) = 1 - \frac{|C\hat{D}^k \cap C\hat{D}_s^k|}{|C\hat{D}^k \cup C\hat{D}_s^k|},$$

где $C\hat{D}^k, C\hat{D}_s^k$ – дополнения НМ \hat{D}^k и \hat{D}_s^k соответственно. При этом, пусть $X = \{x\}$ универсум и задано некоторое НМ $\hat{A} = \{x | \mu_A(x)\}$, тогда

$$|\hat{A}| = \sum_{x \in X} \mu_A(x), \Delta^k \in [0; 1].$$

Получили, что Δ^k принимает значение 0, если НМ никак не изменилось и значение 1, если НМ настолько изменилось, что новое НМ не имеет ни одного общего элемента со старым. Таким образом, $s \in S^r$, где $r = \arg \min_{k=1,4} \Delta^k$.

5. Конструирование виртуальных ингредиентов ПК

Методика конструирования добавок к ПК основана на методе ограниченного перебора.

Пусть сконструировано соединение s^k . Путем добавления элемента строим соединение s^{k+1} . Шаг итерации $s^k \rightarrow s^{k+1}$ состоит из нескольких этапов: выбор элемента конструирования; конструирование s^{k+1} ; анализ s^{k+1} и принятие решения: (признать s^{k+1} перспективным и строить s^{k+2} или признать s^{k+1} неперспективным, принять $s^{k+1} = s^k$ и строить s^{k+2}); принятие решения о прекращении конструирования.

В качестве элемента конструирования берем элемент с наибольшим значением функции принадлежности его дескриптора. Конструирование s^{k+1} состоит в переборе вершин молекулярного графа для s^k и попытки присоединения к каждому из них поочередно элемента конструирования. Получим $s_1^{k+1}, s_2^{k+1}, \dots, s_{r_k}^{k+1}$, где r_k – число вершин в графе для s^k . Проведем прогноз s_i^{k+1} , как это было показано выше. Найдем таковой номер $i^* = \overline{1, r_k}$, при котором индекс изменений Δ будет наименьшим, и примем $s^{k+1} = s_{i^*}^{k+1}$.

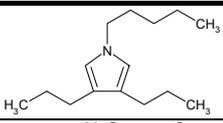
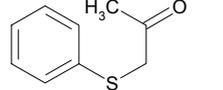
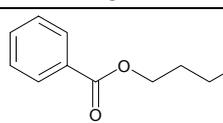
Анализ s^{k+1} на предмет перспективности состоит в сравнении индекса изменений Δ для s^{k+1} и s^k : если для s^k Δ окажется больше, то s^{k+1} следует признать перспективным, иначе – нет. Далее восстанавливается полный список элементов конст-

руирования. В случае неперспективности полагаем $s^{k+1}=s^k$, удаляем элемент конструирования, участвовавший при конструировании переходим на следующий шаг итерации. При переходе на следующий шаг итерации необходимо задаться вопросом о целесообразности продолжения конструирования. Критериями окончания служат, например, чрезмерная сложность s^k , невозможность синтеза, достаточно низкий показатель Δ , исчерпание списка элементов конструирования.

Данный подход был реализован в полуавтоматическом режиме с помощью разработанного компьютерного модуля прогноза свойств активных добавок к ПК. В табл. 3 приведены отдельные результаты конструирования выборки активных добавок для поливинилхлорида (ПВХ).

Таблица 3

Виртуальные добавки к ПВХ

№ п/п	Формула соединения	Функциональное назначение
1		Высоко активный светостабилизатор
2		Высоко активный термостабилизатор
3		Высоко активный пластификатор

УДК 687.31

С. А. Ефремова, Л. В. Кетат, В. Е. Дербишер

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗАНИЯ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ТЕХНОЛОГА

Волгоградский государственный технический университет (efr-s-a@t-k.ru, derbisher2@vstu.ru)

В статье рассматривается моделирование вязания сложных деталей трикотажных изделий с целью оптимизации затрат на их производство. Приведенные модели дают возможность находить оптимальный вариант технологического процесса вязания участка детали трикотажного изделия в зависимости от вида оборудования и способа сбавки, что и приводит к снижению материальных затрат.

Ключевые слова: трикотажные изделия, оптимизация, математическая модель.

S. A. Efremova, L. V., Ketat V. E. Derbisher

SIMULATION OF COMPLEX PARTS KNITTING KNITWEAR TO CREATE A WORKSTATION TECHNOLOGIST

The article deals with simulation of knitting the complex details of knitwear with a view to optimizing the cost of their production. These models make it possible to find the optimal process of the details of knitwear knitting, depending on the type of equipment and sbavki method, which results in lower material costs.

Knitwear, optimizing, sbavki method.

Активное развитие информационных технологий, вычислительной техники тесно связано с совершенствованием систем автоматизированного проектирования технических объектов в большинстве отраслей производства, в том числе и трикотажной промышленности [1, 2].

Таким образом, изложенные методы позволяют провести разностороннее вычислительное исследование как реального, так и виртуального органического соединения в качестве добавки к ПК. На данном этапе создается расширенная методика использования нечетких множеств при создании конкурентоспособных ингредиентов ПК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

3. Молотков А. П. Прогнозирование эксплуатационных свойств полимерных материалов. – Минск: Вышэйша школа, 1982. – 192 с.
4. Krieger James Drug design software debuts in Chicago/ Chem. and Eng. News. – 1993. – 71, N38. – С. 37–39.
5. Дербишер В. Е., Гермашев И. В., Колесникова Е. А. Компьютеризированная методика прогнозирования активных добавок к полимерным композициям // Пластические массы. – 1999. – № 2. – С. 32–36.
6. Васильев П. М., Орлов В. В., Дербишер В. Е. Прогноз канцерогенной опасности органических соединений методом шансов // Хим.-фарм. журн. – 2000. – Т. 34, № 7. – С. 19–22.
7. Гермашев И. В., Дербишер В. Е. Оптимизация состава полимерных композиций с использованием теории нечетких множеств // Теоретические основы химической технологии. – 2001. – Т. 35, № 4. – С. 440–443.
8. Гермашев И. В., Дербишер В. Е., Орлова С. А. Оценка активности антипиренов в эластомерных композициях с помощью нечетких множеств // Каучук и резина. – 2001. – № 6. – С. 15–17.
9. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

сти, весь подготовительный этап производства трикотажных полуфабрикатов и изделий осуществляется технологом большей частью на основании своего личного опыта в данной области, и частично на основе лабораторного или промышленного эксперимента. Современные рыночные конкурентные условия, однако, требуют от производителя часто изменять ассортимент выпускаемой продукции, что с одной стороны значительно затрудняет работу технолога, а с другой – ведет к повышению себестоимости продукции. Для помощи технологу и минимизации затрат на подготовку производства при частой смене ассортимента трикотажной продукции необходимо разрабатывать и внедрять новые и совершенствовать существующие методы проектирования как изделий, так и технологического процесса, используя, упомянутые выше компьютерные технологии.

Для решения одной из задач автоматизированного проектирования технологии трикотажного производства рассмотрим процесс вязания деталей сложной формы, являющихся элементами изделий, на плосковязальном оборудовании с целью снижения затрат при их изготовлении. Любую сложную деталь трикотажного изделия можно разбить на участки, имеющие в первом приближении вид прямоугольника или трапеции. В дальнейшем каждый такой участок будем называть деталью.

Наибольший интерес с точки зрения оптимизации процесса изготовления трикотажных деталей сложной формы вызывает вязание деталей с уменьшением ширины вязания. Получение детали, имеющей трапециевидную форму возможно следующими способами: во-первых, вязание без сбавок, в виде прямоугольника; во-вторых, вязание по контуру детали; в-третьих, вязание со сбавками, но на меньшее число игл, чем во втором случае. В связи с этим постоянно возникает задача об определении оптимального числа сбавляемых игл, что можно сделать на основе анализа затрат средствами вычислительной техники. Методическая база этого рассмотрена ниже.

Себестоимость вязания участка изделия C складывается из стоимости сырья C_1 и стоимости затрат на работу оборудования C_2 . В свою очередь стоимость сырья прямопропорциональна материалоемкости M .

Стоимость сырья рассчитывается по формуле (1):

$$C_1 = M \cdot \Pi_c = \Pi_c \cdot L \cdot T \cdot 10^{-9} \sum_{i=1}^m (P_i \cdot I_i). \quad (1)$$

где Π_c – удельная стоимость (цена) сырья, руб/кг; L – длина нити в петле, мм; T – линейная плотность нити, текс.

Число участков m , число рядов P_i и число игл в работе I_i на каждом участке можно вычислить по формулам (2):

$$m = \frac{\Pi_n - \Pi_k}{A \cdot x} + 1, \quad P_i = \frac{D_i}{B} = \frac{D_d}{m \cdot B},$$

$$I_i = \frac{\Pi_n}{A} - (i - 1) \cdot x \quad (2)$$

где x – число сбавляемых игл; A – петельный шаг, мм; Π_n – длина начала участка, мм; Π_k – конец участка детали, мм; D_i – длина i -го участка, мм; D_d – длина изделия, мм; B – высота петли, мм.

Рассмотрим вторую составляющую себестоимости C_2 (3):

$$C_2 = (t_{mo} + t_{md}) \cdot \frac{T_c}{60}, \quad (3)$$

где t_{mo} – затраты основного машинного времени, мин; t_{md} – затраты дополнительного машинного времени, связанные с холостыми ходами вязальной каретки K_x при сбавке, мин; T_c – трудозатраты, руб/час. При этом число холостых ходов каретки K_x зависит от числа сбавляемых игл, от вида оборудования и от способа сбавки.

После подстановки и преобразования получаем общую формулу для расчета C (4):

$$C = \frac{\Pi_c \cdot D_d \cdot L \cdot T \cdot 10^{-9}}{B} \left(\frac{\Pi_n}{A} + x \right) - \frac{\Pi_c \cdot D_d \cdot L \cdot T \cdot 10^{-9}}{B} \cdot x \cdot \frac{(m+1)}{2} + \frac{D_d \cdot T_c}{60B \cdot n} + \frac{m \cdot K_x \cdot T_c}{60n} - \frac{K_x \cdot T_c}{60n}, \quad (4)$$

где n – частота движения каретки, об/мин.

Далее необходимо учесть, что современное плосковязальное оборудование делится на два вида: автоматы с варьруемым ходом каретки и автоматы с постоянным ходом каретки. Для оборудования с постоянным ходом каретки n является постоянной ($n = const$), в случае варьруемого хода каретки n зависит от I_i и вычисляется по формуле (5):

$$n_i = \frac{V}{I_i \cdot t_{игл} + 2 \cdot S}, \quad (5)$$

где V – скорость движения каретки, м/с; S – ширина каретки, мм; $t_{игл}$ – игольный шаг, мм.

При выработке деталей трикотажных изделий процесс сбавки может осуществляться либо последовательным, либо параллельным способом переноса петель. При последовательной сбавке петель на последней игле в итоге накапливается все количество сбавляемых петель, что создает трудность при провязывании. При параллельном переносе с отобранных игл петли переносятся на иглы противоположной игольницы. Затем иглы, имеющие по две петли, переносят эти петли на соседние иглы (этой же исходной игольницы).

Таблица 1

Число участков m	Способ сбавки петель	
	последовательный	параллельный
<i>постоянный ход каретки</i>		
$m = \frac{\text{Ш}_н - \text{Ш}_к}{A \cdot x} + 1$	$x = 1$	$x = 1$
$m = \frac{D_d}{B}$	Если $\frac{\text{Цс} \cdot D_d \cdot L \cdot T \cdot 10^{-6}}{2B} < \frac{2Tc}{60n}$, то $x = 1$. Если $\frac{\text{Цс} \cdot D_d \cdot L \cdot T \cdot 10^{-6}}{2B} > \frac{2Tc}{60n}$, то $x = \frac{\text{Исб}}{m-1}$	$x = \frac{\text{Исб}}{m-1}$
<i>варьируемый ход каретки</i>		
$m = \frac{\text{Ш}_н - \text{Ш}_к}{A \cdot x} + 1$	$x = 1$	$x = 1$
$m = \frac{D_d}{B}$	$x_{\max} = -\frac{0.9 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Цс} \cdot L \cdot T \cdot V}{T_c \cdot t_{\text{игл}}} +$ $+ \left(\frac{\text{Ш}_н}{A} + \frac{2S}{t_{\text{игл}}} \right) \frac{B}{D_d - B} + \frac{1}{4}$. $-x_{\max} \in [1, \frac{\text{Исб}}{m-1}]$. $x = \frac{\text{Исб}}{m-1}$ или $x = 1$ $-x_{\max} \in (-\infty, 1)$. $x = \frac{\text{Исб}}{m-1}$ $-x_{\max} \in (\frac{\text{Исб}}{m-1}, +\infty)$. $x = 1$.	$x = \frac{\text{Исб}}{m-1}$

Необходимо отметить, что осуществление этого способа возможно при использовании достаточно растяжимого сырья или при вязании эластичной петельной структуры, так как в противном случае невозможно произвести перенос петель.

Обобщение результатов исследования процесса сбавки на различных плосковязальных автоматах показали, что при последовательном способе сбавки число холостых ходов каретки можно вычислять по формуле (6):

$$K_x = 2(x-1). \quad (6)$$

При параллельном переносе петель K_x вычисляется в соответствии с (7):

$$K_x = 0, \text{ при } x = 1$$

$$K_x = 1, \text{ при } x > 1 \quad (7)$$

Результаты моделирования и оптимизации процесса вязания при последовательном и параллельном способе переноса петель представлены в табл. 1.

Помимо последовательного и параллельного способов переноса петель в настоящее время еще используется плосковязальное оборудование, осуществляющее групповые сбавки. В этом случае в соответствии с данными экспертов [3] затрачиваемое дополнительное время $t_{\text{доп}}$ может быть определено по формуле (8):

$$t_{\text{доп}} = 0,19x + 4,8. \quad (8)$$

В данном случае зависимость себестоимости от числа сбавляемых игл принимает следующий вид:

$$C(x) = x \cdot \frac{10^{-9} \cdot V \cdot D_d \cdot L \cdot T + T_c \cdot D_d \cdot t_{\text{игл}}}{2 \cdot V \cdot B} + \frac{4,78 \cdot T_c \cdot (\text{Ш}_н - \text{Ш}_к)}{3,6 \cdot 10^3 \cdot A \cdot x} + \frac{(\text{Ш}_н + \text{Ш}_к) \cdot \text{Цс} \cdot D_d \cdot L \cdot T \cdot V \cdot 10^{-3} + 0,38 \cdot 10^3 \cdot T_c \cdot V \cdot B \cdot (\text{Ш}_н - \text{Ш}_к)}{7,2 \cdot 10^6 \cdot V \cdot B \cdot A} + \frac{4T_c \cdot D_d \cdot S \cdot A + T_c \cdot D_d \cdot t_{\text{игл}} \cdot (\text{Ш}_н + \text{Ш}_к)}{7,2 \cdot 10^6 \cdot V \cdot B \cdot A}. \quad (9)$$

Исследование функции (9) показало, что минимальное значение себестоимости функция принимает при (10):

$$x = \sqrt{\frac{9,56 \cdot 10^3 \cdot T_c \cdot V \cdot B \cdot (\text{Ш}_н - \text{Ш}_к)}{A \cdot D_d \cdot (3,6 \cdot 10^{-3} \cdot V \cdot L \cdot T \cdot \text{Цс} + T_c \cdot t_{\text{игл}})}} \quad (x \in [1, \frac{\text{Исб}}{m-1}]) \quad (10)$$

При расчетах оптимального количества сбавляемых игл с помощью полученных формул значение x может быть как целым, так и дробным, что не допустимо. Поэтому для приведения x к целочисленному значению нами использованы два метода: метод перебора и "возможность округления решений" [4].

Таким образом, полученные модели (4,9) дают возможность находить оптимальный вариант технологического процесса вязания участка детали трикотажного изделия сложной формы в зависимости от вида оборудования и способа сбавки и приводит к снижению материальных затрат. На основе выше рассмотренного создан алгоритм оптимизации процесса вязания деталей сложной формы, который

можно использовать при создании автоматизированного рабочего места технолога (АРМТ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявин, Л. А. Автоматизированное проектирование основных параметров трикотажа (с использованием ЭВМ) / Л. А. Кудрявин. – М.: Легпромбытиздат // 1992. – 192 с.
2. Колесникова, Е. Н. Постановка задач при разработке технологических модулей для выработки регулярных

изделий / Е. Н. Колесникова, Т. Ю. Чердынцева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. – № 5. С. 72–75.

3. Петров, Л. П. Технология и оборудование производства: учеб. пособие / Л. П. Петров; МГТУ им. Косыгина. – М.: ЦБНТИ, 1987. – 86 с.

4. Ковалев, М. М. Дискретная оптимизация. Целочисленное программирование / М. М. Ковалев. – 2-е изд. – М.: УРСС, – 2003. – 536 с.

УДК 004.8

И. Г. Жукова, А. М. Дворянкин, М. Б., Сипливая А. В. Аникин **ПОИСК И ИНТЕГРАЦИЯ РАЗНОРОДНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Волгоградский государственный технический университет (dvam@vstu.ru, Anton@Anikin.name)

В статье рассмотрен подход к генерации электронных персонифицированных адаптивных образовательных коллекций на основе интеграции разнородных распределенных ресурсов с использованием онтологических описаний.

Ключевые слова: semantic Web, E-Learning, дистанционное обучение, адаптивное обучение.

I. G. Zhukova, A. M. Dvoryankin, M. B. Siplivaya, A. V. Anikin **ONTOLOGY-BASED RETRIEVAL AND INTEGRATION OF THE HETEROGENEOUS DISTRIBUTED EDUCATIONAL RESOURCES**

In this paper, proposed ontology-based approach for creation electronic adaptive educational collections based on heterogeneous distributed resources integration.

Semantic Web, E-Learning, distance learning, adaptive learning.

С ростом масштаба информационных сетей, например, Интернета, и объема их информационного наполнения становятся актуальны проблемы их эффективного использования, поиска информации в них. Особенно актуальны эти проблемы при использовании электронных информационных ресурсов в образовании. Традиционный учебник или учебное пособие не может заменить собой такие ресурсы ввиду невозможности использования различных способов подачи материала, форм его представления, стратегий обучения, индивидуальных для каждого обучаемого в зависимости от его целей, текущих знаний, умений, навыков, психологических и других характеристик. Использование разнородных распределенных ресурсов (как локальных, так и ресурсов локальных и глобальных сетей, например интернет-ресурсов) в образовательном процессе позволяет решить эти проблемы и имеет ряд других преимуществ [1, 2], однако существующие поисковые системы общего назначения недостаточно эффективны в этой области.

Для решения данной проблемы предлагается использовать онтологии как средство описания предметной области, характеристик пользователя и информационных ресурсов, а также персонифицированной образовательной коллекции, создаваемой на основе поиска и инте-

грации разнородных распределенных информационных ресурсов. Использование правил вывода в рамках онтологической модели образовательной коллекции позволяет использовать модель пользователя как расширенный поисковый запрос для генерации данной коллекции.

Для описания онтологий выбран стандарт OWL (Web Ontology Language), используемый в SemanticWeb и рекомендованный консорциумом W3C [3]. Позволяя описывать концепты и отношения онтологической модели, OWL накладывает ряд серьезных ограничений на описание правил [4], в связи с чем для описания правил вывода выбран также язык SWRL (Semantic Web Rule Language) [5].

Для описания онтологий с использованием стандарта OWL и правил вывода с использованием языка SWRL выбрано программное средство Protégé 3.2, являющееся фактическим стандартом в области создания и редактирования OWL-онтологий. В качестве машины вывода выбрано средство RacerPro 1.9, поддерживающее обработку правил на языке SWRL.

Описаны фрагменты онтологии информационных ресурсов, онтологии предметной области "Алгоритмические языки программирования высокого уровня" и примеры информационных ресурсов данной предметной области (рис. 1).

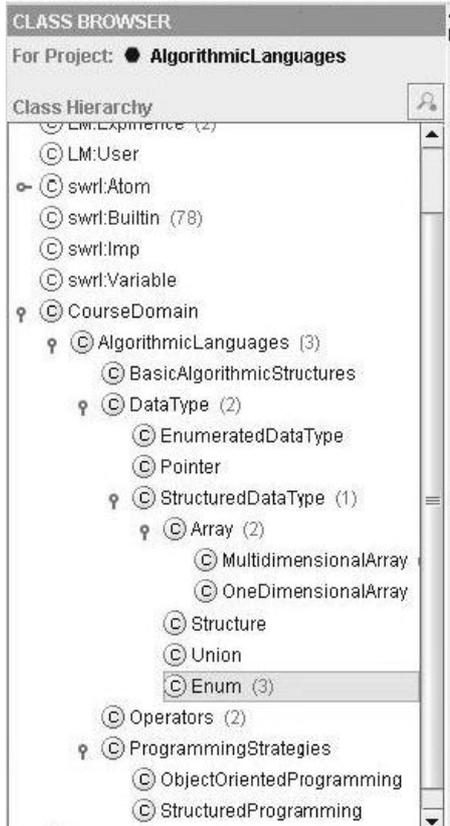


Рис. 1. Фрагмент описания предметной области "Алгоритмические языки программирования"

Также реализованы простейшие правила вывода для формирования персонализированной образовательной коллекции по языку, уровню сложности изложения материала и др. В частности, с использованием языка SWRL правила для формирования персонализированной коллекции с учетом знаний пользователя, уровня его подготовки, языку могут быть представлены в виде:

```

    hasUser(?c,?user) ^
    LM:hasObjectiveKnowledge(?user,?concept1) ^
    ER:hasConcept(?r,?concept2) ^ con-
    cept:isSynonymOf(?concept1,?n1) ^ con-
    cept:isSynonymOf(?concept2,?n2) ^ sameAs(?n1,?n2) -
    > hasResourceByConcepts(?c,?r)
    hasUser(?c,?u) ^ LM:hasAssessment(?u,?e) ^
    ER:hasExperience(?r,?e)
    -> hasResourceByExperience(?c,?r)
    hasUser(?c,?u) ^ LM:hasLanguage(?u,?l) ^
    ER:hasLanguage(?r,?l)
    -> hasResourceByLanguage(?c,?r)
    hasResourceByLanguage(?c,?r) ^ hasReource-
    ByExpirience(?c,?r) ^ hasResourceByConcepts(?c,?r) -
    > hasResource(?c,?r)
    
```

Фрагмент персонализированной коллекции, построенной с помощью машины вывода RacerPro, представлен на рис. 2.

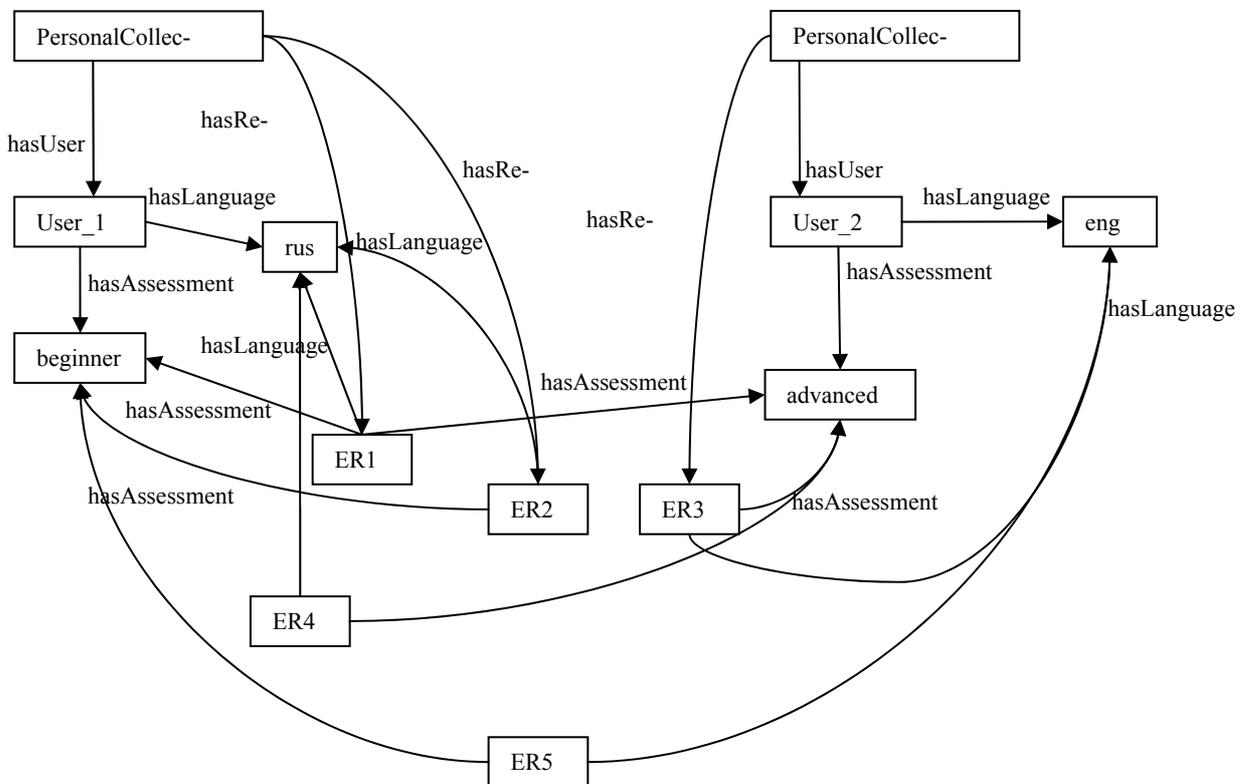


Рис. 2. Пример построения персонализированной коллекции с использованием средства вывода RacerPro

Использование концептов онтологии предметной области и онтологии целей как дидактической составляющей [1,6] как в описании информационных ресурсов (знаний, умений, навыков, требуемых для изучения каждого ресурса и получаемых в процессе его изучения), так и в модели пользователя (текущие и целевые знания, навыки, умения), а также соответствующих правил вывода позволит не только проводить отбор информационных ресурсов по этим параметрам и создавать персонализированные образовательные коллекции, но и строить в рамках этих коллекций образовательные последовательности, создавая связи между ресурсами, представляющие собой возможные переходы между ними в процессе обучения.

Планируется разработка средств ручного аннотирования информационных ресурсов, позволяющих создавать метаописания ресурсов на основе предметных онтологий для последующего создания репозитория ресурсов и описание правил вывода на языке SWRL для построения персонализированных образовательных коллекций на основе онтологической модели пользователя. Также необходима разработка программной оболочки, взаимодействующей с сервером RacerPro и предоставляющей интерфейс пользователя для обучаемого.

Результаты работы позволят повысить эффективность использования интернет-ресурсов в образовании и эффективность дистанционного образовательного процесса в целом, могут

быть использованы для построения персонализированных электронных коллекций в системах дистанционного высшего и дополнительного образования, для курсов повышения квалификации и профпереподготовки, построения справочных электронных коллекций, учебников и учебных пособий и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аникин, А. В. Разработка качественной модели образовательного объекта для открытых адаптивных обучающих систем на основе дидактической составляющей / А. В. Аникин, И. Г. Жукова, М. Б. Сипливая // Сборник научных трудов конференции "Сочи-2004".
2. Аникин, А. В. Механизмы интеграции гетерогенных распределенных ресурсов в открытой адаптивной образовательной системе / А. В. Аникин, И. Г. Жукова, М. Б. Сипливая // Сборник научных трудов конференции "Сочи-2004".
3. OWL Web Ontology Language. W3C Recommendation [Electronic Resource] / 2004 – Mode of access: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
4. Pushing the limits of OWL, Rules and Protégé. A simple example [Electronic resource] / Anne Cregan [etc.] – 2005 – Mode of access: <http://www.mindswap.org/2005/OWLWorkshop/sub22.pdf>
5. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML [Electronic Resource] / 2004 – Mode of access: <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>
6. Аникин, А. В. Формальная модель описания учебных объектов / А. В. Аникин, И. Г. Жукова, М. Б. Сипливая // Сборник научных трудов международной конференции "Информационные технологии в образовании, технике и медицине", Волгоград, 2004.

УДК 004.8

А. В. Заболева-Зотова, И. Д. Лягин

ТРАНСЛЯТОР ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В МУЗЫКАЛЬНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ

Волгоградский государственный технический университет (zabzot@vstu.ru, Lyag-in@mail.ru)

Статья посвящена исследованию в области трансляции графических изображений в музыкальное произведение, которое основано на анализе процесса просмотра изображения человеком, выявлении аналогий при создании графических и музыкальных произведений и замещении элементов одного аналогичными элементами другого. Рассмотрены методы формирования ритмической и интервальной последовательностей музыкального произведения.

Ключевые слова: трансляция, распознавание образов, графический образ, звуковой образ, структура, динамическая последовательность, ритм.

A. V. Zaboloeva-Zotova, I. D. Lyagin

THE GRAPHIC REPRESENTATION COMPILER IN A PIECE OF MUSIC

Article is devoted research in the field of translation of graphic representations in a piece of music which is based on the analysis of process of viewing of the image by the person, revealing of analogies at creation graphic both pieces of music and replacement of elements by one similar elements of another. Methods of formation of rhythmic and interval sequences of a piece of music are considered.

Translation, recognition of images, graphic image, sound image, structure, dynamic sequence, rhythm.

Человечество давно притягивала мысль синтеза искусств, создания искусства на грани двух, создания произведения одного искусства средствами другого. "Мечты об объединении звука и цвета – по общим для них закономерностям – не покидают нас вот уже на протяжении 250 лет" – пишет создатель теории светозвукового музыкального строя музыкант и художник В.В. Афанасьев. Достаточно вспомнить такие имена, как Скрябин, Чюрленис, Матюшин,

В.В. Афанасьев. Достаточно вспомнить такие имена, как Скрябин, Чюрленис, Матюшин,

Оствальд и др. "...всякое искусство, достигшее своих пределов, должно подать руку другому – сродному" – писал Р. Вагнер.

Данная работа посвящена исследованию в области трансляции графического изображения в музыкальное произведение, которое главным образом основывается на анализе просмотра изображения человеком, выявлении аналогий при создании графических и музыкальных произведений и замещении элементов одного аналогичными элементами другого. Работы на схожие темы уже проводились ранее. Б. Галеев и НПО "Прометей" создали совокупность программ, обеспечивающих извлечение звуков на основе прочерченных линий. В. В. Афанасьев создал запатентованную им систему, ставящую в соответствие звуку в зависимости от определенных связей с другими звуками цвет, с дальнейшим ее применением в области светомузыки. Наконец, под руководством Н. А. Наумова творческой группой "Эйдос" был создан мультимедийный преобразователь "Графовокс", непосредственно решающий рассматриваемую в данной работе задачу.

Многие люди внесли вклад в формирование идей, имеющих отношение к решению рассматриваемой в данной работе задачи, однако качественным полным аналогом по видам входной и выходной информации и решаемой задаче является только система "Графовокс". Ни в коем случае не умаляя заслуг создателей данной системы, хотелось бы отметить, что в полученных при помощи "Графовокса" музыкальных произведениях не наблюдается четкой пульсации, которая необходима для построения метра, являющегося составляющей ритма, который в свою очередь является одним из важнейших компонентов при создании музыкального произведения. Рассмотренный ниже подход помогает решить эту проблему.

Перед началом изложения предложенной в данной работе концепции хотелось бы отметить, что полного однозначного соответствия между элементами музыки и живописи не может быть установлено. Кроме того, не существует даже единой музыкальной интерпретации произведения живописи (как и вообще любых событий, касающихся человека), так как каждый человек (то есть создатель произведения) сугубо индивидуален и несет в себе неповторимый внутренний мир и соответственно создает неповторимые в точности произведения искусства. Поэтому хотелось бы **ОСОБЕННО ПОДЧЕРКНУТЬ**, что изложенная ниже концепция не претендует на место единственной, самой правильной, а является всего лишь одной

из, и может претерпеть серьезные изменения в процессе своей реализации и развития.

Если рассматривать структуру музыкального произведения, не касаясь композиционных элементов (формы, темы и т. д.), то можно выделить ряд последовательностей при построении музыкального произведения: интервальную, динамическую, ритмическую, изменения темпа, длительностей звуков и т. д. Эти последовательности и предполагается определить исходя из входной графической информации в рамках данной работы. В данной статье покажем формирование ритмической и интервальной последовательностей.

Если говорить о ритме, то в первую очередь необходимо отметить: ритм в живописи и в музыке не тождественны, поэтому нельзя напрямую вести сопоставление средств передачи ритма в музыке и в живописи. Для решения этого несоответствия предлагается рассматривать не отдельно ритм музыкальный и ритм живописный, а ритм вообще без пересадки его на какую-либо почву, то есть рассматривать ритм как равномерное чередование каких-нибудь элементов. В качестве таких элементов в музыке предлагается рассматривать моменты появления нот на горизонтальной оси нотного стана (рис. 1).

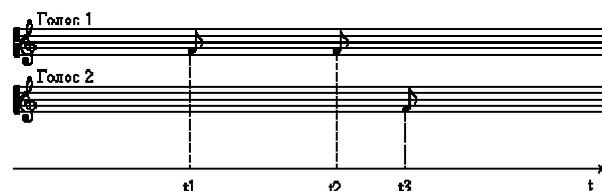


Рис. 1.

С живописью сложнее. На картине может наблюдаться чередование пятен света и тени, линий, изображаемых объектов. Чтобы все это совместить предлагается рассматривать чередование объектов, определенных следующим образом: объект есть совокупность точек, каждая из которых имеет хотя бы одну смежную точку этого объекта "не сильно отличающегося" цвета. Следует пояснить, что под смежностью понимается такое расположение двух пикселей, при котором модуль разности горизонтальных и модуль разности вертикальных координат пикселей не превышают единицы:

$$|\Delta y| \leq 1, |\Delta x| \leq 1.$$

Что же касается "не сильно отличающихся" цветов, то под ними понимаются цвета, отличающиеся по оттенку, яркости и контрасту не больше чем на строго определенные (сравнительно небольшие) величины:

$$|\Delta h| \leq \delta_h, |\Delta s| \leq \delta_s, |\Delta l| \leq \delta_l.$$

Так как ритм предполагает чередование одинаковых элементов, то необходимо ввести понятие одинаковых объектов. Одинаковыми объектами (объектами, входящими в одну группу) будем называть объекты, с определенной степенью схожие по форме. При такой трактовке одинаковых объектов учитывается и чередование пятен света и тени, и чередование схожих линий, и чередование схожих изображаемых объектов, кроме того, достигается согласованность с некоторыми факторами, влияющими на организацию зрительных ощущений в образы объектов в мозгу человека, хотя и накладываются некоторые ограничения на входное изображение.

Теперь определимся с чередованием. Если в музыке рассматривается чередование относительно горизонтальной оси нотного стана, по сути представляющую собой ось времени, то относительно чего отслеживать чередование при рассмотрении произведения живописи? Предлагается следующий вариант. На любой картине (как и на других изображениях) имеется главная точка, выделяющаяся на фоне остальных (наиболее яркая, если на картине преобладают темные тона, и наименее яркая в противном случае), на которой в основном будет фокусироваться внимание при рассмотрении картины. Объект, содержащий главную точку, будем называть главным объектом. Рассмотрению контура главного объекта также будет уделено довольно много внимания. Поэтому предлагается сканировать изображение лучом, соединяющим главную точку с точкой контура главного объекта, последовательно переходя от одной точки контура к другой, таким образом отслеживая чередование объектов, входящих в одну группу, пересекаемых лучом (рис. 2).

Затем это чередование необходимо сопоставить с чередованием появления нот на горизонтальной оси нотного стана. Таким образом будет получена ритмическая последовательность одного голоса, которому ставится в соответствие одна группа объектов.

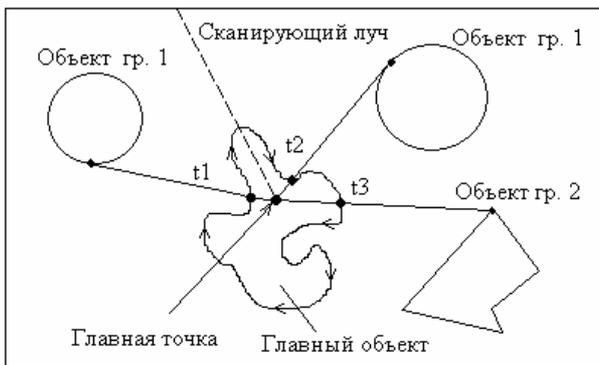


Рис. 2

Теперь перейдем к интервальной (звуковысотной) последовательности. При сканировании пространства вышеописанным образом будем измерять длины отрезков, отсекаемых от сканирующего луча контуром объекта, через область которого луч в данный момент проходит (см. рис. 3, где $l_i = \sqrt{\Delta y_i^2 + \Delta x_i^2}$).

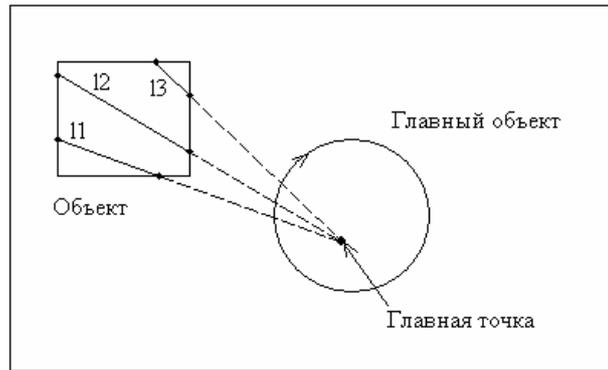


Рис. 3

Длинам этих отрезков будем сопоставлять на основании пропорции звуковысотные интервалы, беря минимальную длину равной нулю, а максимальную – равной максимальному расстоянию от главной точки до какой-нибудь точки изображения. Соответственно нулевой длине будет соответствовать нулевой интервал относительно начальной высоты звука, максимальной длине – максимально возможный интервал относительно начальной высоты звука. Начальная высота звука, относительно которой строится интервальная последовательность, выбирается исходя из усредненного цвета точек объекта в соответствии с системой В. В. Афанасьева, описанной им в книге "Светозвуковой музыкальный строй" (интервал ноты определяется в данном случае не относительно предыдущей ноты, а относительно ноты, соответствующей начальной высоте звука). Таким образом, строится интервальная последовательность одного голоса, которому соответствует одна группа объектов (рис. 4).



Рис. 4.

Почему предлагается использовать именно такой способ построения интервальной последовательности? Представьте себе, что смотрите на гору. Если попытаться на основе данного наблюдаемого объекта построить какой-либо не-

большой музыкальный отрезок, то на ум придет что-то, что при наложении на музыкальный стан будет напоминать графическое отображение горы. Примерно то же самое происходит при формировании интервальной последовательности предложенным выше способом.

В заключении хотелось бы обратить внимание на то, что при использовании описанного выше подхода влияние на формирование ритмической и интервальной последовательностей одного голоса, соответствующего группе объектов, оказывает как сам объект, представитель группы, так и главный объект. Расположение их друг относительно друга, то есть их взаимная связь тоже играет определенную роль в процессе формирования последовательностей. Так например, если объект, представитель группы, находится сравнительно далеко от главного объекта, то длина интервальной последовательности будет сравнительно мала для этого объекта, длительности также будут сравнительно малы вследствие уменьшения количества пересечений сканирующего луча с областью сканируемого объекта, что соответствует частичному изъятию объекта из рассмотрения и уменьшению его участия в формировании целостного представления об отраженных на изображении событиях и явлениях.

УДК 004.8; 004.9

А. В. Заболеева-Зотова, Ю. А. Орлова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Волгоградский государственный технический университет (zabzot@vstu.ru, yulia.orlova@gmail.com)

В работе рассматривается алгоритм лексического анализа текста технического задания, целью которого является повышение эффективности проектирования программных систем за счет автоматизации.

Ключевые слова: лексический анализ, текст, техническое задание.

A. V. Zaboloeva-Zotova, Y. A. Orlova

MODELLING LEXICAL TEXT ANALYSIS OF A TECHNICAL SPECIFICATION

In work the algorithm of lexical text analysis of a technical specification which purpose is to increase efficiency of software engineering due is considered.

Lexical analysis, text, technical specification.

В настоящее время проектирование программного обеспечения представляет собой слабо-формализованный трудоемкий процесс, требующий от пользователя глубокого знания предметной области и навыков в проектировании.

Наиболее известные из коммерческих программных продуктов, используемых при проектировании программного обеспечения, в основном предназначены для визуализации промежуточных и конечных результатов процесса проектирования. Некоторые из них позволяют полностью автоматизировать последние этапы проектирования: генерация кода, создание отчетной и сопровождающей документации и т. д.

На сегодняшний момент в рамках данной работы практически полностью реализованы в программном варианте вышеописанные методики по формированию ритмической и интервальной последовательностей. Методики по формированию метра, динамической последовательности, последовательности изменения темпа и т. д. находятся на стадии доработки (некоторые мысли по этому поводу уже имеются), и в будущем планируется их реализация.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М., 1974.
2. Афанасьев В. В. Светозвуковой музыкальный строй. М.: Музыка, 2002.
3. Бонфельд М. Ш. Введение в музыковедение. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.
4. Волошинов А. В. Математика и искусство. М., 2000.
5. Должанский А. Краткий музыкальный словарь. – М.: Музыка, 1966.
6. Зайцев А. С. Наука о цвете и живопись. М., 1986.
7. Немов Р. С. Психология: Учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений: В 3 кн. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999.
8. Хаустен Р. А. Свет и цвета. М., 1935.
9. Энциклопедический музыкальный словарь. М., 1959.
10. www.eidos.kiam.ru.
11. www.philosophy.ru.
12. www.prometheus.kai.ru.

При этом задача автоматизации начального этапа проектирования – формирования и анализа текста технического задания остается открытой. Это связано с необычайной сложностью проблемы синтеза и анализа семантики технического текста, для решения которой необходимо использовать симбиоз методов искусственного интеллекта, прикладной лингвистики, психологии и т. п. Однако, возможно приблизиться к достижению данной цели, выделив некоторые небольшие подзадачи, вполне доступные для решения известными методами трансляции. Одной из таких подзадач является лексический анализ текста технического задания.

Целью исследования явилось повышение эффективности проектирования программного обеспечения за счет разработки средств автоматизации анализа текста технического задания. Такое средство представляется в виде трех блоков: лексического, синтаксического и генератор диаграмм потоков данных. В данной работе рассматривается первый блок.

Лексический анализатор предназначен для того, чтобы разделить исходный текст технического задания на отдельные лексемы. В данной работе эта операция выполняется в три этапа: разделение на разделы, предложения и отдельные лексемы.

Уже после первого этапа производится работа не со всем текстом технического задания, а с его частями, представленными по разделам. По ходу работы лексического анализатора текст ТЗ дробится сначала на все более мелкие разделы, затем на отдельные предложения (с сохранением структуры разделов) и лексемы с указанием принадлежности к предложениям.

Алгоритм лексического анализатора и описание входных/выходных данных представлены на рис. 1.

Входной информацией для алгоритма является текст технического задания на ограниченном естественном языке, выходная информация – таблицы разделов, предложений и лексем рассматриваемого технического задания.

Построение дерева разделов по структурной нумерации

На вход данного блока подается текст технического задания как последовательность символов, на выходе получаем дерево разделов в виде таблицы, содержащей поля: код раздела – уникальный числовой идентификатор; код родительского раздела – число, равное коду раздела, в который непосредственно входит данный раздел; номер раздела – число, равное номеру раздела для сохранения порядка разделов в структуре документа; название – имя раздела; текст – содержимое раздела.

Алгоритм работает следующим образом: сначала весь текст ТЗ делится на разделы первого уровня ("1.", "2.", "3." и т. д.), затем делится каждый раздел и так далее до третьего уровня.

Таблица разделов имеет рекурсивную связь типа "петля" по полям "код раздела" и "код родительского раздела". Таблица разделов связана по полю "код родительского раздела" отношением типа "многие к одному" рекурсивно с таблицей разделов, что используется для хранения и графического отображения дерева разделов.

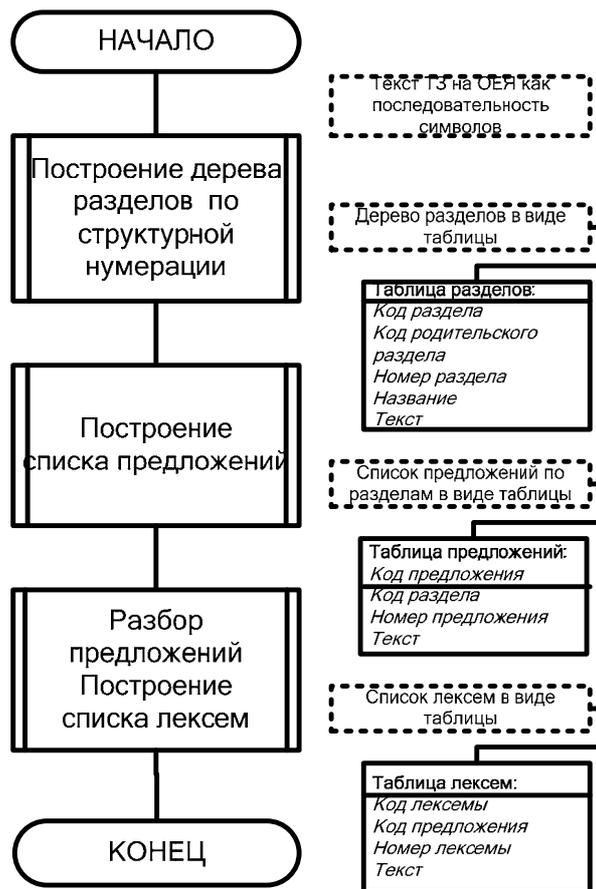


Рис. 1. Алгоритм лексического анализа

Разделения технического задания на разделы осуществляется с помощью конечного автомата, описанного на рис. 2.

Входной символ конечного автомата: c_1 – пустое пространство, c_2 – пробел, c_3 – новая строка, c_4 – конец текста, c_5 – '1'..'9', c_6 – 'P', c_0 – любой другой символ.

Промежуточные состояния автомата: a_1 – начало разбора номера раздела, a_2 – последовательность символов – текст, a_3 – последовательность символов – нумерация, a_4 – начало разбора названия раздела, a_5 – последовательность символов – название раздела, a_6 – начало разбора текста раздела или приложения, a_7 – последовательность символов – продолжение текста раздела или приложения, a_8 – начало разбора названия приложения, a_9 – последовательность символов – название приложения, a_0 – конец ТЗ.

Анализ текста технического задания начинается с разбора разделов первого уровня и разбора приложений. После формирования таблицы первого уровня начинается анализ текста каждого из разделов первого уровня.

Так как в тексте раздела первого уровня не может быть приложений, разбор приложений не производится. После формирования

таблицы разделов второго уровня анализируется текст каждого раздела второго уровня и формируется таблица разделов третьего уровня. В конце работы алгоритма все таблицы объединяются.

При попадании автомата в состояние, в котором происходит изменение таблицы разделов, в таблицу разделов вносятся изменения соответственно предыдущему промежуточному состоянию.

Построение списка предложений

Список предложений по разделам в виде таблицы предложений формируется на основе описанной выше таблице разделов. Таблица предложений содержит поля: код предложения – уникальный числовой идентификатор; код раздела – число, равное коду раздела, в который непосредственно входит данное предложение; номер предложения – число, равное номеру предложения в разделе; текст – текст предложения.

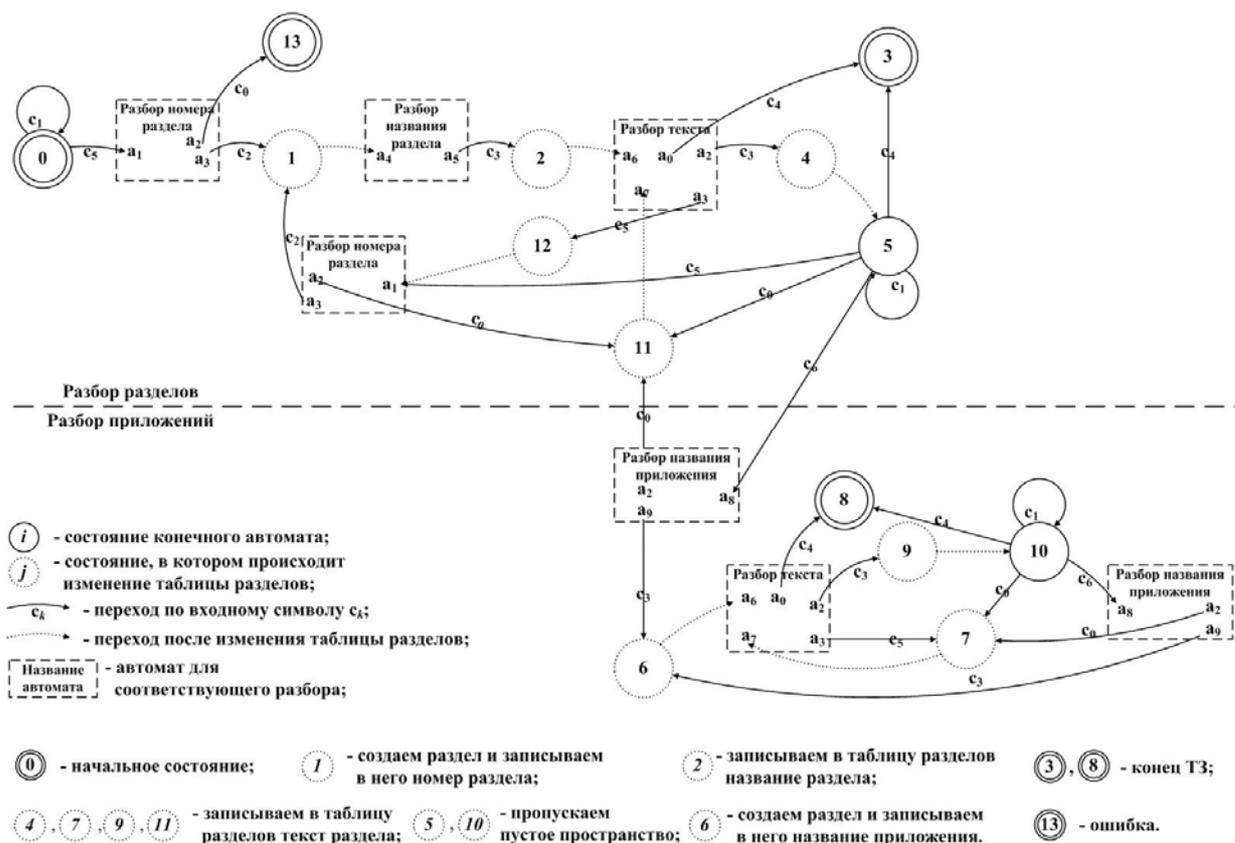


Рис. 2. Автомат разбора технического задания на разделы

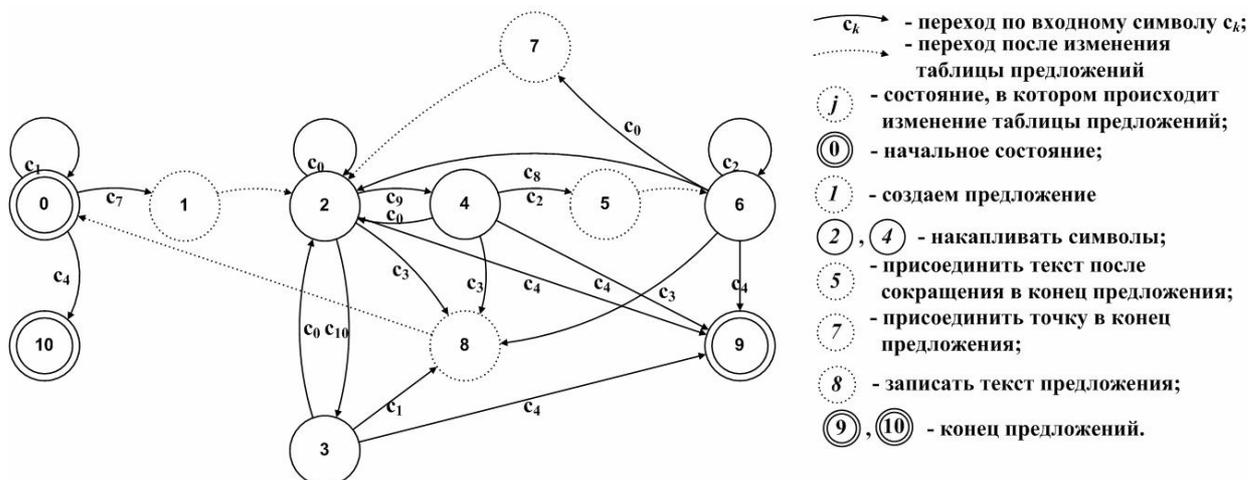


Рис. 3. Автомат разбора технического задания на предложения

Предложением называется фрагмент текста, не содержащий точек и символов "точка с запятой". Как правило, в реальных документах список функций системы оформляется как маркированный список, где описание каждой функции начинается с маленькой буквы, а заканчивается точкой с запятой или точкой.

Таблица предложений связана по полю "код раздела" отношением типа "многие к одному" с таблицей разделов.

Конечный автомат разбора на предложения представлен на рис. 3.

Входной символ конечного автомата: $c_0 - c_4$ – как в автомате разбора на разделы, c_7 – буква или цифра, c_8 – прописная буква, $c_9 - ';$, $c_{10} - '.'$.

На вход автомата подается таблица разделов, полученная на предыдущем этапе. Создаем новое предложение в таблице предложений и накапливаем символы до точки, точки с запятой или символа новой строки. При попадании в автомат точки производится проверка на наличие сокращения. Если сокращение, то продолжаем накапливать символы, если нет, то сохраняем накопленную последовательность в таблицу и начинаем разбор нового предложения. Производим разбор до тех пор, пока не встретим конец текста.

Разбор предложений. Построение списка лексем

На основе таблицы предложений формируется таблица лексем, содержащей поля: код лексемы – уникальный числовой идентификатор; код предложения – число, равное коду предложения, в котором находится лексема; номер лексемы – число, равное номеру лексемы в предложении; текст – текст лексемы.

Рассмотрим конечный автомат для разбора на лексемы.

Входной символ конечного автомата: $c_0 - c_{10}$ – как в автомате разбора на предложения, $c_{11} - ' - '$.

На вход автомата подается каждое предложение из таблицы предложений. Производится накопление символов до точки, пробела или конца предложения и сохранение в таблицу лексем. Разбор производится до тех пор, пока не встретится конец предложения.

Для адекватной работы алгоритма необходимо анализировать текст технического задания, написанного в соответствии с ГОСТом.

Данные, получаемые на выходе алгоритма в дальнейшем используются для проведения синтаксического анализа.

Д. Харелом была предложена унифицированная система разработки программного обеспечения, главной целью которой было освободить программиста от необходимости рассуждать на чрезмерно глубоком уровне детализации, предоставить возможность размышлять над решением проблемы и представлять свои идеи при помощи соответствующей высокоуровневой нотации, а именно моделей. "Использование подходящего графического формализма может оказать впечатляющий эффект на инженеров и программистов". Кроме самих моделей для эффективной работы необходимы средства для их изучения и анализа, среди которых одной из наиболее полезных, по мнению Д. Харела, является возможность исполнения модели.

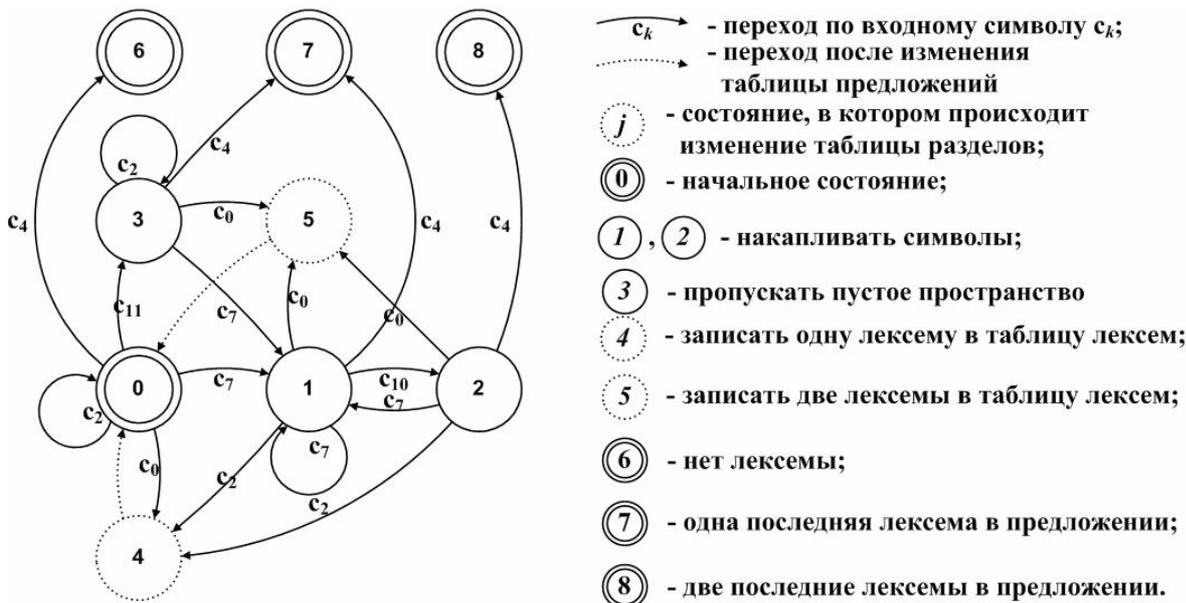


Рис. 4. Автомат разбора технического задания на лексемы

Многие современные реализации исполняемых моделей базируются на синтезе автоматов. Конечные автоматы можно интерпретировать непосредственно или использовать для последующей генерации кода. Применение автоматов в данном случае обусловлено следующими их преимуществами: они представляются в хорошо формализованном виде, имеется развитый математический аппарат для работы с конечными автоматами, который позволяет проводить над ними формальные исследования и преобразования, и, наконец, автоматные модели довольно хорошо отображаются в код на целевых языках. Но важно подчеркнуть, что хотя автоматные модели являются хорошо формализованным и мощным средством спецификации, они могут оказаться сложнее в работе и менее наглядными для неподготовленных пользователей, чем другие модели. Кроме

того, при рассмотрении программной системы возможен разрыв, связанный с различиями в степени абстракции, используемой в автоматных и других спецификациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Заболеева-Зотова, А. В.* Естественный язык в автоматизированных системах. Семантический анализ текстов [Текст] / А. В. Заболеева-Зотова – Волгоград: ВолгГТУ, 2002.
2. *Заболеева-Зотова А. В.* Лингвистические системы: модели, методы, приложения [Текст] / А. В. Заболеева-Зотова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2004. с. 220.
3. *Заболеева-Зотова А. В., Орлова Ю. А.* Разработка средств автоматизированного проектирования программного обеспечения на основе анализа текста технического задания / А. В. Заболеева-Зотова, Ю. А. Орлова // "Интеллектуальные системы"(AIS'05) и "Интеллектуальные САПР"(CAD'2005): сб. трудов международных научных конференций. Т.2 – М.: Физматлит, 2005. – С. 41–43.

УДК 004.931

П. П. Кудряшов, С. А. Фоменков
**ГИБРИДНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЛИЦ
НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Волгоградский государственный технический университет (pal_ok@mail.ru, saf@vstu.ru)

В работе предложен ряд подходов, позволяющих усовершенствовать существующий алгоритм Viola-Jones по критериям скорости и точности обнаружения. Предложен ряд новых алгоритмов: прогнозирования размеров и положения лица человека, подтверждения обнаружения с использованием механизма поворотов, гибридный алгоритм распознавания человеческих лиц. На базе предложенных подходов и алгоритмов реализован модуль быстрого обнаружения человеческих лиц, а также система полностью автоматической коррекции красных глаз.

Ключевые слова: Обнаружение лиц, анализ изображений, сегментация, нейронные сети, классификаторы, поиск лиц, машинное обучение.

P. P. Kudryashov, S. A. Fomenkov
HYBRID ALGORITHM FOR RAPID FACE DETECTION ON DIGITAL IMAGES

A number of new approaches that allow extremely rapid and precise face detection in comparison with the Viola-Jones algorithm were suggested. Three new algorithms were designed: face size and position prediction, bounding ellipses and image rotation scheme, hybrid algorithm of face detection. Based on the suggested approaches and algorithms a module of rapid face detection and fully automatic red eye correction system were developed.

Face detection, digital images analysis, segmentation, neural networks, classifiers, face search, machine learning.

В настоящее время в связи со стремительным развитием цифровой фотографии и цифрового видео очень перспективной является задача распознавания объектов на цифровых изображениях. Анализ и выявление объектов на цифровых изображениях может использоваться для решения широкого круга практических задач, начиная от автоматической коррекции эффекта красных глаз на фотографиях миллионов людей и заканчивая сложнейшими системами слежения и идентификации человека по его фотографии в государственных системах безопасности и базах данных.

Последние десять лет в этой области ведутся активные разработки и предложены различные методы распознавания [1], использующие

такие подходы, как метод главных компонент, методы с использованием гистограмм, нейросети, байесовские сети, алгоритм Хагг, статистические методы и т. д.

Часть этих алгоритмов распознавания инвариантны по отношению к объекту, другие используют такие априорные знания об объекте, как: форма, цветовая гамма, взаимное расположение частей и др.

Впервые представленный в 2001 году алгоритм Хагг [2] является инвариантным и обладает не только высокой скоростью работы, но и хорошей точностью распознавания. Однако анализ работы этого алгоритма и использование априорных знаний о форме и цвете человеческого лица позволило нам выявить возмож-

ные пути улучшения характеристик работы алгоритма и создать гибридный алгоритм распознавания человеческих лиц.

Исследования проводились по двум направлениям: повышение скорости и точности распознавания. Гибридный алгоритм предлагается формировать из трех частей. Первая часть является грубой и позволяет быстро отсекал области, не содержащие лиц, используя статистические характеристики изображения. Вторая часть улучшает изображение для повышения качества работы следующей части. Третья часть использует непосредственно алгоритм Нааг, модифицированный для повышения скорости и точности. При этом обрабатываются только "перспективные" области изображения, а также дополнительная информация, полученная первой частью алгоритма.

В первой части гибридного алгоритма для повышения скорости работы предлагается предварительная обработка изображения, направленная на исключение областей, в которых лицо человека заведомо не может быть найдено.

На первом этапе производится поиск областей, непригодных для обработки алгоритмом Нааг для любых типов объектов. При этом исключаются монотонные области изображения, которые не содержат достаточного количества контуров и, следовательно, непригодны для дальнейшей обработки, а также области, содержащие слишком большое количество контуров.

Второй этап использует ограничения (априорные знания) задачи обнаружения человеческих лиц. Как известно, лица людей на цифровых изображениях имеют так называемый "цвет кожи" [3], который достаточно компактно описывается в цветовых пространствах RGB, HSV и других. Сначала на изображении выделяются маски "кожи" – те пиксели изображения, которые могут быть кожей. После этого полученные пиксели обрабатываются алгоритмом, обнаруживающим контуры эллипсов вокруг границ компактного расположения таких пикселей. На этой стадии алгоритм выдает значительное количество эллипсов, большинство из которых не являются контурами человеческих лиц. Далее отсекаются слишком маленькие эллипсы, которые соответствуют цветовому шуму. Также удаляются эллипсы со слишком большим отношением большого и малого радиусов. Такие вытянутые эллипсы часто соответствуют конечностям человека, различным деревянным панелям мебели и др. По итогам получается маска "кожи", обведенная эллипсами, каждый из которых обводит предполагаемое лицо человека (см. рис. 1).

На следующем этапе следует проверка на процент заполнения эллипса пикселями цвета "кожи". В случае, если процент ниже некоторого допустимого порога (такое происходит в случае, если два и более лиц людей соединяются на изображении), производятся морфологические операции, позволяющие уточнить истинные контуры лиц. Так, на рис. 1 в центре три человеческих лица образуют контур, который отмечается алгоритмом обнаружения эллипсов. Дальнейшее уточнение ввиду низкого процента заполненности эллипса пикселями маски "кожи" приводит к уточнению эллипсов, изображенному на рис. 2.

Необходимо отметить, что для еще большего повышения скорости работы первой части алгоритма на этапе обнаружения пикселей цвета "кожи" и обводящих их эллипсов возможно предварительное уменьшение разрешения картинки в 2, 4 или 8 раз. При этом происходит квадратичное снижение объема вычислений, связанных с анализом цветовых характеристик пикселей. Также не требуется удаление слишком маленьких ограничивающих эллипсов, т. к. подобные области цветового шума исчезают в результате операции понижения разрешения. В дальнейшей обработке обнаруженные эллипсы масштабируются для соответствия разрешению исходного изображения.

По результатам работы первой части алгоритма формируется набор прямоугольных подобластей исходного изображения, которые содержат эллипсы, ограничивающие области маски "кожи". Данные прямоугольники являются потенциальными областями, содержащими лица людей.

Во второй части работы алгоритма для повышения точности распознавания алгоритма Нааг авторы предлагают использование преппроцессинга найденных прямоугольников изображений перед их обработкой. Под преппроцессингом понимается изменение изображения с целью повышения качества распознавания. Предлагается два основных направления преппроцессинга: снижение шума изображения и цветокоррекция. С математической точки зрения цветокоррекция обуславливает улучшение распознавания за счет создания более естественно-го, "гладкого" цвета объекта, что позволяет получить значительно более плавные градиенты переходов интенсивности цвета. Такой прием дает возможность корректно обрабатывать участки изображения небольшого размера для которых очень велико влияние даже единичных шумных пикселей.



Рис. 1. Области цвета "кожи", обведенные эллипсами



Рис. 2. Уточненные регионы "кожи" после работы алгоритма обнаружения эллипсов



Рис. 3. Приоритетные направления обнаружения лица алгоритмом Хаар

В третьей части работы найденные прямоугольные подобласти исходного изображения проверяются алгоритмом Нааг. Необходимо отметить, что алгоритм обнаружения эллипсов, выполненный на первом этапе, позволяет не только значительно сократить площадь изображения для последующей обработки алгоритмом Нааг, выделив потенциальные подобласти. Он дает возможность использовать дополнительную информацию, а именно расположение больших осей найденных эллипсов. Это объясняется тем, что алгоритм Нааг чувствителен к ориентации объекта на изображении и обладает определенной (около 20 градусов) устойчивостью к его поворотам. Следовательно, чтобы обнаружить лицо в произвольном положении требуется $360 / 20 = 18$ поворотов изображения. Такого количества поворотов можно избежать, проанализировав направление большей оси эллипса. Проверка данного предположения на наборе из более чем 500 фотографий говорит о том, что в 90 % случаев данная ось совпадает с осью головы человека.

Таким образом, для значительного (на порядок) повышения работы алгоритма Нааг, сначала проверяются два приоритетных направления, соосных большей оси эллипса и расположенных под углом в 180 градусов друг к другу, а потом все остальные (см. рис. 3). Кроме того, линейные размеры эллипса оказываются близкими к размерам лица человека, что позволяет запускать алгоритм Нааг с наиболее вероятным размером поискового окна, исключая дополни-

тельную фазу перебора всех его возможных положений и размеров.

Также авторами предлагается два способа улучшения качества работы алгоритма Нааг. Первый основан на том факте, что распознавание объектов, на которые настроен алгоритм, достаточно устойчиво (около 20 градусов) к поворотам изображения. Случайные, ложные срабатывания, в отличие от истинных, не обладают такой устойчивостью. Следовательно, для обнаруженных предполагаемых объектов предлагается произвести повторную проверку обнаружения в соответствующих областях на изображении, повернутом на 10 градусов по и против часовой стрелки. В случае если срабатывание ложное, с высокой степенью вероятности ни на одном из повернутых изображений оно не будет повторным.

Второй способ модифицирует процесс изменения размера поискового окна алгоритма. Так, базовый алгоритм использует постоянный шаг изменения размера и движения окна поиска вдоль изображения. Для сокращения числа ложных обнаружений предлагается значительно уменьшать шаг увеличения окна в окрестностях однократно найденного объекта и требовать, чтобы в большинстве полученных таким образом окон алгоритм также обнаруживал объект. При ложных срабатываниях в большинстве случаев анализируемые окна в окрестностях не дадут положительного результата.



Рис. 4. Устойчивость алгоритма к небольшим поворотам изображения

Описанный алгоритм позволяет значительно сокращать количество расчетов, требуемых для обнаружения человеческих лиц на цифровых изображениях. При этом высвободившиеся вычислительные ресурсы можно направить на повышение качества работы алгоритма за счет гибкого изменения шага масштабирования поискового окна и механизма поворотов.

Данный алгоритм реализован на языке C++ с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV [4]. Экспериментальные результаты, полученные на наборе дневных и ночных фотографий, дали следующие результаты: отсеечение шумных и монотонных участков изображения позволяет обрабатывать их от 2 до 5 раз быстрее без снижения точности. Использование цветовой информации и обрамляющих эллипсов позволяет добиться ускорения от 5 до 100 раз за счет многократного снижения пло-

щади областей изображения, поступающих на обработку алгоритмом Нааг, и проверки наиболее вероятных направлений расположения лица. Отметим также, что использование поворотов изображения и гибкого масштабирования размера окна в целях повышения точности, позволяет отсеять до 50 % ложных срабатываний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вежневцев В.* Оценка качества работы классификаторов. [Электронный ресурс]. – [2006]. – Режим доступа: <http://graphics.cs.msu.su/>
2. *Viola P., Jones M.* Robust real-time object detection. [Электронный ресурс]. – [2001]. – Режим доступа: www.hpl.hp.com/techreports/Compaq-DEC/CRL-2001-1.pdf
3. *Vezhnevets V., Sazonov V., Andreeva A.*, A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques. [Электронный ресурс]. – [2006]. – Режим доступа: <http://graphics.cs.msu.su/>
4. OpenCV library. [Электронный ресурс]. – [2006]. – Режим доступа: <http://opencv.sourceforge.net/>

УДК 004.056.5 + 004.942

В. В. Натров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ И ФУНКЦИЙ СИСТЕМЫ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

Волгоградский государственный технический университет (nvv@volgograd.su-ups.ru)

Для анализа объекта защиты методом когнитивного моделирования предложена модель системы, позволяющей создавать когнитивные модели с применением составных факторов, условных начальных тенденций и условных связей. Представлена диаграмма классов, описывающая вложенность факторов. Определены паттерны проектирования, требуемые для программной реализации системы.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, объект защиты, диаграмма классов, паттерны проектирования.

V. V. Natrov

COGNITIVE SYSTEM OF PROTECTION OBJECT MODELING: GOALS AND FUNCTIONS DEFINITION

An effective analysis of the protection object can be carried out with the help of the proposed cognitive modeling system. The cognitive modeling permits to create different intelligent schemas that include composed factors, initial tendencies and contingent ties. The proposed system is also used in order to depict and classify factors nesting and to definite projecting patterns which are necessary for program realization of the system.

Cognitive modeling, protection object, class diagram, projecting pattern.

Введение

Совершенствование методов и средств, с использованием которых производятся нарушения установленного режима информационной безопасности (ИБ), происходит постоянно и очень активно. Зачастую уровень их развития опережает уровень развития средств и методов защиты (СМЗ). Совершенствование СМЗ затрудняется сложностью создания формализованной модели в силу наличия множества взаимосвязанных факторов различной природы.

Между тем существует объект, использование которого в построении модели может привести к существенному качественному улучшению создаваемой модели – человек. И когнитивное моделирование (КМ) – метод, позволяющий объединить возможности абстрактного мышления человека и ЭВМ.

Процесс создания когнитивной модели позволяет сконцентрировать знания и опыт человека в моделируемой предметной области и стимулирует процесс дальнейшего поиска решений в рамках данной задачи.

Кроме непосредственно создания модели предметной области методы КМ позволяют:

- 1) осуществить целеполагание, т. е. определение или уточнение целей моделирования;
- 2) выявить факторы, слабо/существенно влияющие на объект моделирования;
- 3) выявить ранее неизвестные взаимосвязи между факторами;
- 4) моделировать временные процессы [2].

Создание модели объекта защиты на основе существующих методов КМ сопряжено с некоторыми трудностями в связи с отсутствием следующих функций:

1) поддержки составных факторов (содержащих более детальное описание структуры и зависимостей) – уровней абстракции;

2) поддержки условной начальной тенденции;

3) поддержки условных связей;

Эти функции необходимо реализовать в создаваемой системе моделирования, чтобы иметь возможность анализировать сложные факторы и связи, свойственные моделируемым объектам защиты.

Проектирование

Основной функцией проектируемой системы является поддержка составных факторов, представляющих собой подмодель. В связи с этим определяются основные требования к архитектуре системы:

1) поддержка вложенности факторов (составных факторов);

2) вложенность факторов – не менее 2;

3) возможность работать с составным фактором, как с отдельной моделью с учетом ограничений, накладываемых на такой фактор.

Подмодели отличаются от основной модели ограничением числа факторов, связывающих подмодель с основной моделью или подмоделью более высокого уровня – не более одного.

С введением возможности использования составных факторов уровень сложности создаваемой системы существенно увеличивается. При неверном подходе к процессу проектирования вероятность ошибок проектирования возрастает. Изначально верное проектирование существенно упрощает как дальнейшую разработку программы, так и усложнение архитектуры ПО и расширение его функциональности.

С целью повышения гибкости архитектуры ПО и снижения числа ошибок проектирования были разработаны и классифицированы по типу решаемых задач паттерны проектирования (design patterns) [1].

В данной задаче на этапе предварительного проектирования была определена необходимость в использовании следующих паттернов:

1) *компоновщик (composite)* – для организации вложенности факторов;

2) *итератор (iterator)* – для последовательного обхода всех факторов;

3) *состояние (state)* – для отслеживания состояний модели и возможности вернуться к любому из зафиксированных;

4) *декоратор (decorator)* – для работы с моделью в виде взвешенного направленного графа.

Диаграмма классов (в нотации ОМТ (Object Modeling Technique, Методика Моделирования Объектов)) для организации вложенности факторов представлена на рис. 1.

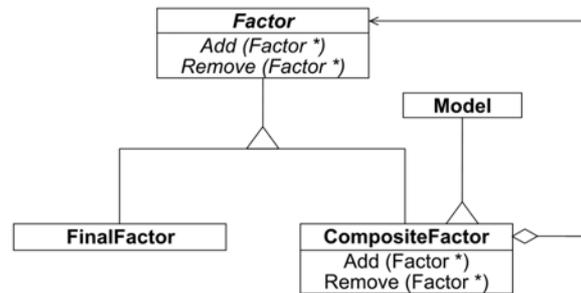


Рис. 1. Вложенность факторов в нотации ОМТ

Базовый класс Factor – виртуальный. Его потомки – FinalFactor (класс несоставных факторов) и CompositeFactor (класс составных факторов). CompositeFactor ссылается на родительский класс Factor, что и является организацией вложенности.

Класс CompositeFactor является потомком двух классов: Factor и Model, что не совсем корректно с точки зрения проектирования, но в данном случае это оправдано: свойства и функции класса Model не являются общими для всех факторов, поэтому не объединены в классе Factor.

Данная структура позволяет работать с составными факторами как отдельной моделью (подмоделью). При этом запоминается его состояние до этого действия.

В процессе работы с подмоделью можно производить все действия, соответствующие модели, ограниченные только текущим уровнем вложенности и числом факторов, связанных с более высоким уровнем:

1) создавать и удалять факторы и связи между ними;

2) задавать начальные тенденции (для факторов) и влияния (для связей);

3) создавать сценарии и исследовать подмодель.

Кроме этого дополнительно возможно только возвращение запомненного до изменений состояния или сохранение обновленного состояния подмодели в основной модели.

Заключение

В процессе проектирования системы моделирования была обозначена новая задача: проработать заявленные изменения принципов построения когнитивной модели. Это требует корректировки математического аппарата КМ, что и является текущей задачей в процессе дальнейшей разработки системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.: ил.
 2. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. М.: Наука, 1986.

УДК 519.816

Д. П. Олейников, Л. Н. Бутенко
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА ПОЛЯРНОСТИ
ДЛЯ СИНТЕЗА НОВЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Волгоградский государственный технический университет (Rio-grande@mail.ru, butenko@vstu.ru)

В данной статье описана процедура синтеза метода принятия решений с использованием подхода, основанного на принципе полярности. Новый метод, обладая свойствами базового ММ-метода, способен выбирать решение в ситуации, когда выигрыши описаны вербальными оценками.

Ключевые слова: принятие решений, синтез методов принятия решений, принцип полярности.

D. P. Oleynikov, L. N. Butenko

USING POLARITY PRINCIPLE FOR SYNTHESIS OF NEW DECISION-MAKING METHODS

A new approach of synthesis of decision methods based on polarity principle is described in this paper. The new method is possessed of basic characters of MM-method and can make decision in situation, when win is described with verbal marks.

Decision-making, synthesis of decision methods, polarity principle.

Проведенный нами анализ методов теории принятия решений (ПР) [1] выявил следующие направления их развития: усиление учета роли субъективной составляющей и разнообразные формы агрегации существующих методов ПР. Однако это, по нашему мнению, не позволяет существенно расширить область их применения и увеличить их эффективность как того требуют задачи, решаемые в экономической, технической, социальной, управленческой и других видах деятельности, имеющие тенденцию к учету все большего количества взаимодействующих факторов. Это делает актуальной задачу синтеза новых методов ПР с расширенной сферой применения.

Целью данной работы является изучение возможности использования разработанного нами подхода к синтезу методов ПР на принципе полярности [2, 3] в области, в которой ранее применяли лишь детерминированные методы с количественной оценкой. Основные положения принципа полярности состоят в следующем [4]:

1. Принцип полярности выражает идею двойственности любых объектов природы как фундаментального свойства проявленного мира.

2. Развитие объекта происходит в результате синтеза двух противоположных начал.

Отметим, что новизна системы может быть обеспечена только в результате ее развития.

Разработанный подход состоит из следующих этапов:

1. Определение цели синтеза.

2. Выбор пары систем в качестве базы синтеза новой системы, совокупность наименований характеристик которых удовлетворяет поставленной цели. Желательно провести анализ базовых систем с выделением основных структурных элементов и выполняемых функций.

3. Проведение сравнительного анализа систем (подсистем) с использованием полярных

шкал критериев. На данном этапе необходимо выделить множество полярных свойств, которые соответствуют характеристикам систем (подсистем), входящих в базу синтеза.

4. Выбор базовой подсистемы, на основании которой синтезируется новая система. В качестве базовой выбирается подсистема, наиболее полно соответствующая цели синтеза, определенной в пункте 1.

5. Формирование требований к создаваемой системе (подсистеме) с учетом выбранной стратегии (цели), а также с учетом ограничений, накладываемых ранее синтезированными системами (подсистемами).

6. Выбор элементов базовых систем, реализующих выдвинутые требования.

7. Формирование условий использования каждого элемента в новой системе.

8. Преобразование выбранных элементов или добавление новых элементов внешних систем для устранения противоречивости требований соседних элементов.

9. Компоновка подсистем с учетом выдвинутых требований из модифицированных элементов сравниваемых систем, а также из элементов внешних систем, удовлетворяющих требованиям.

10. Ресинтез (в случае необходимости) ранее созданных систем (подсистем).

11. Компоновка целевой системы с учетом выдвинутых требований из модифицированных элементов сравниваемых систем, а также из элементов внешних систем, удовлетворяющих требованиям.

На различных этапах данного подхода каждый из методов ТПР, включенных в базу синтеза, рассматривается как система, состоящая из подсистем выявления предпочтений, принятия решений и т. д.

На основании разработанного подхода в начале нами была поставлена задача синтеза тре-

бования к методу принятия решений, содержащего принципы методов вербального анализа решений (ВАР) [5] и минимаксный критерий (ММ-критерий) [6].

Был проведен сравнительный анализ методов с использованием полярных шкал, результаты которого приведены в табл. 1.

После проведения анализа были выдвинуты следующие требования к новому методу принятия решений, удовлетворяющие принципу полярности:

- 1) структурированность задачи принятия решений – хорошо структурированная;
- 2) время предъявления альтернативы – до построения решающего правила;
- 3) нет необходимости оценивания альтернатив в оценках по критериям;
- 4) использование только вербальных оценок;
- 5) использование только обобщенного критерия;
- 6) нет необходимости построения решающего правила;
- 7) возможность учета более одной ситуации принятия решений;
- 8) возможность множественного описания альтернативы;
- 9) однокритериальное описание альтернативы.

Таблица 1

Сравнительный анализ метода ЗАПРОС и ММ-критерия

Критерий	ММ-критерий	ЗАПРОС
Структурированность задачи принятия решений	Хорошо структурированная	Неструктурированная
Время предъявления альтернативы	До построения решающего правила	После построения решающего правила
Необходимость оценивания альтернатив в оценках по критериям	Нет	Да
Использование только вербальных оценок	Нет	Да
Использование обобщенного критерия	Да	Нет
Необходимость построения решающего правила	Нет	Да
Возможность учета более одной ситуации принятия решений	Да	Нет
Возможность множественного описания альтернативы	Да	Нет
Описание альтернативы	Однокритериальное (стоимость)	Многокритериальное

В качестве базовой подсистемы был выбран ММ-критерий, к которому выдвинуто требование – использовать только вербальные оценки. Требование "использовать только вербальные оценки" реализуется при помощи порядковой шкалы вербальных оценок, используемой в методе ЗАПРОС.

Условием применения порядковой шкалы вербальных оценок является использование только допустимых операций: $X = Y$ – эквивалентно, $X \neq Y$ – неэквивалентно, $X > Y$ – X предпочтительнее Y , $X < Y$ – Y предпочтительнее X .

В процессе формирования решения в ММ-критерии используются допустимые для порядковых шкал преобразования (нахождение максимума и минимума), поэтому противоречия между требованиями компоуемых элементов не обнаружены.

В ходе проектирования нового метода нами произведена замена абсолютной шкалы выигрышей альтернатив на порядковую шкалу вербальных оценок выигрышей альтернатив.

Проведем концептуальное проектирование нового метода как системы. В новом методе принятия решений (назовем его ВММ – вербальный минимаксный критерий) используются следующие элементы:

- 1) $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ – множество альтернатив;
- 2) $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ – множество возможных состояний среды принятия решений, о вероятности проявления которых ничего неизвестно – все считаются равновероятными;
- 3) вербальная шкала оценок выигрышей $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, элементы которой строго упорядочены;
- 4) U_{ij} – выигрыш при использовании альтернативы A_i при условии F_j .

Требуется: на основании имеющихся данных выбрать альтернативу, полностью исключив риск.

Схема алгоритма метода ВММ показана на рис. 1.

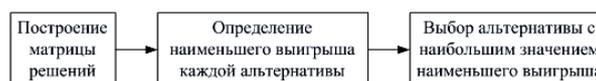


Рис. 1. Схема алгоритма метода ВММ

Процесс поиска решения соответствует процессу, используемому ММ-критерием, и состоит из следующих этапов:

- 1) для каждой альтернативы выбрать минимальный выигрыш;
- 2) выбрать альтернативу, имеющую максимальный выигрыш среди минимальных.

Матрица выигрышей метода ВММ, использующая вербальную шкалу, состоящую из оценок "Высокий", "Средний" и "Низкий", приведена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица выигрышей

Альтернатива	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуация 3	Мин. выигрыш	Макс. выигрыш
A1	"Высокий"	"Высокий"	"Низкий"	"Низкий"	"Высокий"
A2	"Средний"	"Средний"	"Средний"	"Средний"	"Средний"
A3	"Средний"	"Низкий"	"Высокий"	"Низкий"	"Высокий"

В соответствии с приведенной матрицей выигрышей, при использовании метода ВММ следует выбрать альтернативу 2 как обладающую наибольшим выигрышем среди наименьших. Метод максимина, который можно отнести к семейству методов ВММ, аналогичен минимаксному, за исключением того, что вначале выбираются элементы с наибольшим выигрышем, а затем из них выбирается элемент с наименьшим выигрышем. В соответствии с приведенной матрицей выигрышей результатом будет являться Альтернатива 2.

Разработанные методы позволяют принимать решения в ситуациях, когда невозможно количественно оценить выигрыш альтернативы, а возможно указать только качественную оценку.

В результате анализа ВММ-критерия был выявлен еще один аспект его применения – в качестве инструмента получения согласованной экспертной оценки. В этом случае ситуации принятия решений отождествляются с экспертами, оценивающими заданные альтернативы. Формально задача принятия решений может быть описана следующим образом:

- 1) $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ – множество альтернатив;
- 2) $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ – множество экспертов, оценивающих заданные альтернативы;
- 3) вербальная шкала оценок выигрышей $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, элементы которой строго упорядочены;
- 4) U_{ij} – оценка альтернативы A_i назначенная экспертом F_j .

Требуется: на основании имеющихся данных выбрать альтернативу, полностью исключив риск.

На основании вышесказанного методы ВММ могут использоваться в коллективном принятии решений.

Созданные методы обладают следующими характеристиками:

1. Область применения: решение задач выбора в том числе и при коллективном принятии решений.

2. Целевая функция: выбор лучшей альтернативы из заданного множества альтернатив, имеющих качественные оценки выигрышей, при полном исключении риска.

3. Метод-прототип: ММ-критерий.

4. Отличие от метода-прототипа: расширение границ использования ММ-критерия за счет обеспечения возможности выбора лучшей альтернативы при качественной оценке ее выигрыша.

Научная новизна: разработаны новые методы ВАР, предназначенные для выбора лучшей альтернативы и отличающийся от метода-прототипа (минимаксного критерия) тем, что с целью расширения границ использования ММ-критерия за счет обеспечения возможности выбора лучшей альтернативы при качественной оценке ее выигрыша, абсолютная шкала оценки выигрышей альтернатив заменена на порядковую, имеющую вербальные оценки.

Основными результатами работы авторы положительную апробацию разработанный подход к синтезу методов принятия решений, основанного на комбинировании полярных в некоторых отношениях элементов. Данный подход был использован для синтеза нового метода принятия решений – ВММ, расширяющего область применения ММ-критериев, что показало практическую его практическую значимость. Кроме того, была выявлена возможность использования метода ВММ в процессе коллективного принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олейников Д. П., Бутенко Л. Н. Анализ возможностей совершенствования методов вербального оценивания // Успехи современного естествознания: науч.-теоретич. журнал: Приложение № 1. Материалы XXXI Междунар. конф. IT+SE'2004. – 2004. – № 5. С. 42-43.
2. Олейников Д. П., Бутенко Л. Н. Синтез методов принятия решений на основе принципа полярности // Успехи современного естествознания: науч.-теоретич. журнал / – М. – 2005. – № 11. С. 34-36.
3. Олейников Д. П., Бутенко Л. Н. Синтез структурированного представления задачи принятия решений метода ВЕРБА на основе принципа полярности // Современные наукоемкие технологии: науч.-теоретич. журнал / – М. – 2005. – № 8. С. 28-29.
4. Теслинов А. Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры. – М.: Глобус, 1998. – 230 с.
5. Ларичев О. И., Мошкович Е. М. Качественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996. – 206 с.
6. Розен В. В. Математические модели принятия решений в экономике. Учебное пособие. – М.: Книжный дом "Университет", Высшая школа, 2002. – 288 с.

УДК 519.816

С. П. Олейников, Д. П. Олейников, Л. Н. Бутенко
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕДУР ВЕРБАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕШЕНИЙ
ДЛЯ РАНЖИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОТЫ ИНФОРМАЦИИ

Волгоградский государственный технический университет (soleynikov@list.ru, Rio-grande@mail.ru, butenko@vstu.ru)

В данной статье описан метод принятия решения в ситуации неполноты информации. Метод учитывает возможность декомпозиции главной задачи на подзадачи. Для решения каждой конкретной подзадачи применяется наиболее подходящий метод, позволяющий установить порядок для заданных альтернатив.

Ключевые слова: принятие решений, условия неполноты информации, ранжирование альтернатив.

S. P. Oleynikov, D. P. Oleynikov, L. N. Butenko
USING OF VERBAL ANALYSIS PROCEDURES FOR ALTERNATIVE RANKING IN THE
INFORMATION IMPERFECTION CONDITIONS

A new decision-making method is described in this paper. This method takes into account a possibility to structure main goal as hierarchy of sub goals. An appropriate decision making method is used for alternative ranking during solving each sub goal. Decision-making, imperfection conditions of information, alternative ranking.

В данной статье описан метод принятия решения в ситуации неполноты информации. Метод учитывает возможность декомпозиции главной задачи на подзадачи. Для решения каждой конкретной подзадачи применяется наиболее подходящий метод, позволяющий установить порядок для заданных альтернатив. Если принять, что вариант решения главной задачи состоит из совокупности альтернатив подзадач. То данный метод реализует подход для сравнения всех имеющихся вариантов решения главной задачи.

Методы вербального анализа решений (ВАР) решают задачи, относящиеся к неструктурированным проблемным областям [1, метода]. Неструктурированные проблемные области обладают следующими характерными чертами:

1. Они являются проблемами уникального выбора в том смысле, что каждый раз проблема является новой для ЛППР.

2. Они связаны с неопределенностью в оценках альтернативных вариантов решения проблемы, которая объективно обусловлена нехваткой информации на момент решения проблемы.

3. Оценки альтернативных вариантов решения проблемы имеют качественный характер.

4. Общая оценка альтернатив может быть получена лишь на основе субъективных предпочтений ЛППР.

5. Оценки альтернатив по отдельным критериям могут быть получены только от экспертов.

Многокритериальные задачи принятия решений представляют собой особо сложный класс задач для человеческой системы переработки информации. Согласно экспериментальным данным наиболее правдоподобная модель при принятии решения человеком предложена Р. Актинсоном и Р. Шифриным. Согласно этой модели выделяют три вида памяти: сенсорная, кратковременная и долговременная. Как показали эксперименты, принятие решений происходит именно в кратковременной памяти. Наличие многих критериев приводит к большой нагрузке на кратковременную память, заставляет человека использовать различные эвристики для того, чтобы справиться с задачей при ограниченном объеме кратковременной памяти. В то же время в практической деятельности человека многокритериальные задачи встречаются все чаще, что вызвано усложняющейся ситуацией в принятии решений, когда становится необходимым учитывать много различных факторов.

Критерий \ Метод	Иерархическое представление главной задачи	Преобразования перемешанных	Проблемная область	Может использовать другие методы принятия решения для решения главной задачи	Позволяет упорядочить по качеству все возможные альтернативы
МАИ	+	+	структурированная	-	-
ЗАПРОС	-	-	неструктурированная	-	+
Мини-макс, критерий Гермейера, Ходжа-Лемана, Байеса-Лапласа, Гурвица, Сэвиджа, произведений, BL(MM)	-	+	структурированная	-	-
ОРКЛАСС	-	-	неструктурированная	-	-

Так, проблемы принятия стратегических решений экономического и политического характера относятся к неструктурированным. Действительно, в таких проблемах основные характеристики имеют качественный характер, отсутствуют достаточно надежные количественные модели.

Проблемы планирования научных исследований и разработок, конкурсного отбора проектов относятся к неструктурированным. Отметим также, что к этому же классу относится и большинство личных проблем выбора.

Часто, наряду с задачами неструктурированного характера, приходится решать и задачи, имеющие структурированный характер.

Структурированные проблемные области можно охарактеризовать следующим образом:

- существенные зависимости выяснены настолько хорошо, что они могут быть выражены в числах или символах, получающих, в конце концов, численные оценки. Т. е. задачи, относящиеся к данной проблемной области, неоднократно встречались ранее и успешно решались.

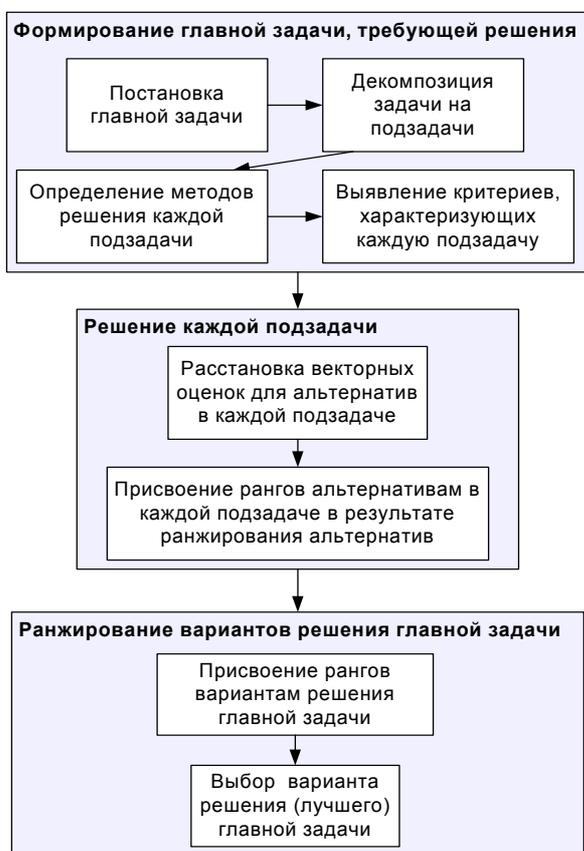
В условиях, когда главная задача декомпозируется на подзадачи, которые относятся к разным проблемным областям, нами представляется, недостаточно применять какой-то один

метод, который к тому же служит для решения задач какой-либо одной проблемной области.

Проведенный анализ позволил выделить недостатки, свойственные для каждого из методов. Каждый метод может решать задачи только своей проблемной области (либо структурированная, либо не структурированная). Также видно, что ни один из рассмотренных методов не может использовать другие методы для помощи в решении задачи.

На основании анализа были сформулированы требования для нового метода, который учитывал бы выявленные недостатки. Метод должен обладать следующими особенностями:

- Возможность решения подзадач, принадлежащих к разным проблемным областям. Т. е. оперировать как качественными, так и количественными переменными.
- Возможность ранжирования вариантов решения главной задачи, состоящих из альтернатив разных подзадач
- Возможность представления главной задачи в виде иерархии подзадач
- Возможность применения любых методов принятия решений, позволяющих установить порядок предложенных альтернатив



Стадии формирования решающего правила:

1. Формирование главной задачи.

Осуществляется экспертом совместно с консультантами по проблемам принятия решений [2].

2. Решение подзадач.

Построение решающего правила для методов каждой подзадачи осуществляется экспертом.

3. Ранжирование вариантов решения главной задачи.

После построения решающих правил ЛПР может упорядочить имеющиеся варианты решения главной задачи. Если на момент принятия решения решающее правило не было построено для какой-либо подзадачи, или просто отсутствовала информация, то имеется возможность получить частичный порядок имеющихся вариантов решения.

Процедура расстановки рангов имеющихся вариантов решения главной задачи, такая же, что и у метода ЗАПРОС. После определения векторных оценок альтернативы им присваиваются ранги. Данная процедура применяется для всех предложенных альтернатив. И, наконец, ранги всех альтернатив упорядочиваются по возрастанию и сравниваются.

Одним из методов ВАР является ЗАПРОС (Замкнутые Процедуры у Опорных Ситуаций) предназначен для формирования частичного порядка на множестве альтернатив, имеющих качественное (вербальное) описание. Формально задача, решаемая этим методом, может быть описана следующим образом:

- N – множество критериев оценки альтернатив;
- n_j – число вербальных оценок на порядковой шкале j -го критерия;
- $X_j = \{x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jn}\}$ – множество оценок на шкале j -го критерия, упорядоченных от лучшей к худшей;
- множество всех возможных векторов $Y = \{X_1 \oplus X_2 \oplus \dots \oplus X_N\}$, состоящих из оценок вида $y_i = \{x_{1k}, x_{2m}, \dots, x_{Nn}\}$, где каждый вектор y_i имеет одну из оценок по шкале каждого из критериев; запись $Y = \{X_1 \oplus X_2 \oplus \dots \oplus X_N\}$ определяет N -мерную сетку, каждая точка которой является одним из возможных сочетаний оценок по критериям;
- альтернативы из множества $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, имеющие оценки, соответствующие векторам: y_1, y_2, \dots, y_n .

Требуется: на основе предпочтений ЛПР построить правило упорядочения многокритериальных альтернатив (решающее правило) и на основе этого правила упорядочить заданные альтернативы.

В методе ЗАПРОС для установки порядка альтернатив используется процедура расстановки рангов для векторных оценок альтернатив.

В соответствии с выявленными требованиями был разработан метод.

Постановка задачи: требуется построить правило упорядочения вариантов решения главной задачи.

Дано:

1. Z_0 – главная задача, $Z_0 = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$
2. Z_i – i -ая подзадача, где $i = 1..n$, n – количество подзадач. Подзадача должна решаться методом, способным установить порядок среди всех предложенных альтернатив для этой подзадачи.
3. V_k – k -ый вариант решения главной задачи, где $k = 1..m$, m – количество вариантов решения главной задачи $V_k = \{a_{k1}^s, a_{k2}^t, \dots, a_{kn}^u\}$.

4. a_{ki}^f – f -ая альтернатива i -ой задачи k -ого варианта решения главной задачи.

5. C_p^i – p -ый критерий для оценивания i -ой подзадачи, где $p = 1..r$ – количество критериев для оценивания i -ой подзадачи.

Т р е б у е т с я:

На основе построения решающих правил всех подзадач упорядочить все предложенные варианты решения главной задачи по предпочтению.

Метод обладает следующими преимуществами:

- Возможность решения подзадач, принадлежащих к разным проблемным областям (как к неструктурированным, так и к структурированным).
- Возможность ранжирования вариантов решения главной задачи, состоящих из альтернатив разных подзадач.
- Уменьшение времени на опрос эксперта. Экономия времени как раз достигается разделением главной задачи на подзадачи, за счет того, что сравниваются не все пары критериев.
- Возможность представления главной задачи в виде иерархии подзадач.
- Возможность применения любых методов принятия решений, позволяющих установить порядок предложенных альтернатив.
- Возможность замены метода решения подзадачи на другой метод после определения решающих правил всех методов решения подзадач.
- Есть возможность не учитывать заведомо худшие альтернативы.
- Имеется возможность частично упорядочить имеющиеся варианты решения главной задачи при недостатке сведений (т. е. при отсутствии решающего правила метода какой-либо подзадачи или невозможности выбрать оценку по критерию на данном этапе принятия решения ЛПР для альтернативы какой-либо подзадачи).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
2. Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решений: вербальный анализ решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М.: Наука-Физматлит, 2004. – 209 с.

УДК 004.932.2

О. О. Привалов*, Л. Н. Бутенко**

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕПАРИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ

*КТИ ВолгГТУ,

**Волгоградский государственный технический университет (butenko@vstu.ru, galva@mail.ru)

В работе рассматривается метод предварительной подготовки изображения периферической крови, полученного в результате микроскопии к автоматизированному подсчёту структурной формулы. Цель алгоритма – обеспечить выделение объектов интереса на растровом изображении для последующего определения выделенных морфометрических признаков.

Ключевые слова: алгоритм, бинаризация, сегментация, контрастирование, клетка крови, растровое изображение.

О. О. Privalov, L. N. Butenko

ALGORITHM OF AUTOMATIC PREPARATION OF A GRAPHICS IMAGE FOR SELECTION
OF CAGES OF PERIPHERAL BLOOD

In operation the method of preliminary preparation of the map of the peripheral blood received as a result of microscopy to automated count of the structural formula is considered. The algorithm purpose - to provide selection of objects of interest on a raster image for the subsequent definition selected morpho-metric tags.

Algorithm, segmentation, a blood cell, a raster image.

В работе рассматривается метод предварительной подготовки микроскопического изображения периферической крови к автоматизированному подсчёту структурной формулы.

Основным этапом распознавания образов является этап предварительной подготовки исследуемого изображения. Цель: обеспечить улучшение качества изображения путем фильтрации и отсеивание таких паразитных явлений как неоднородность фона, наличие посторонних включений и т. д.

Главный недостаток пороговой бинаризации связан с необходимостью подстройки значения порога экспертом, оценивающим качество препарирования. Сохранение значения порога от препарата к препарату, в большинстве случаев не наблюдается. Еще одним недостатком обработки изображения мазка, является узкий диапазон яркостей, что приводит к уменьшению четкости препарирования.

Актуальная задача – использование адаптивных алгоритмов бинаризации, позволяющих автоматизировать процесс выделения исследуемых объектов из основного фона препарата.

Можно выделить три основных алгоритма автоматического определения порога бинаризации:

анализ бимодальной гистограммы (используется, когда фон изображения дает отчетливый и доминирующий пик гистограммы, симметричный относительно своего центра);

адаптивная бинаризация (применяется в случае неравномерной яркости фона и объектов);

алгоритм k -средних (позволяет автоматически, итеративным методом разбить диапазон яркостей на два кластера, кластер – фон, кластер – объект) [3];

Анализ этих алгоритмов на примере растровых изображений мазков периферической крови, позволил сделать следующие выводы: анализ бимодальной гистограммы сложен для автоматизированного анализа, адаптивная бинаризация требует больших вычислений и подбора радиуса окрестности.

Алгоритм k -средних может быть представлен следующим образом:

Алгоритм бинаризации k -средних:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=a}^b H[i] * i}{\sum_{i=a}^b H[i]}$$

Входная информация: $H[0..255]$ – массив гистограммы;

1. Поиск $Min(H)$ и $Max(H)$;

2. Расчет предварительного порога $T = (Min(H) + Max(H)) / 2$;

3. Порог на предыдущем шаге $T' = 0$;

4. **While** T' не равно T **do**

Begin

5. $T' = T$;

6. Расчет средней яркости всех пикселей с яркостью меньше порога $S_{min} = S(0, T)$;

7. Расчет средней яркости всех пикселей с яркостью больше порога $S_{max} = S(T, 255)$;

8. Расчет нового значения порога

$$T = (S_{min} + S_{max}) / 2;$$

End

Выходная информация: T – итоговое значение порога;

Анализ выявил следующие недостатки алгоритма:

результат бинаризации является неудовлетворительным при узком диапазоне яркостей;

наблюдается потеря части информации, принадлежащей объектам (это связано с наличием так называемого промежуточного диапазона яркостей, лежащего на границе между яркостью пикселей относящихся к фону, и яркостью пикселей объекта);

Для совершенствования процесса нами предложено поэтапное преобразование изображения.

Первый этап. Этап является подготовительным. Проводится предварительное контрастирование. Рассчитывается математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение яркости каждой составляющей цвета (красной [Mr; σ_r], зеленой [Mg; σ_g], синей [Mb; σ_b]) для всего диапазона пикселей.

$$Mr = \frac{\sum_{i=0}^N hr_i * i}{\sum_{i=0}^N hr_i} \quad Mg = \frac{\sum_{i=0}^N hg_i * i}{\sum_{i=0}^N hg_i} \quad Mb = \frac{\sum_{i=0}^N hb_i * i}{\sum_{i=0}^N hb_i}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=0}^N hr_i} \sum_{i=0}^N (i - Mr)^2 \cdot hr_i}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=0}^N hg_i} \sum_{i=0}^N (i - Mg)^2 \cdot hg_i}$$

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=0}^N hb_i} \sum_{i=0}^N (i - Mb)^2 \cdot hb_i}$$

где N – количество элементов в массиве гистограммы, hr_i – массив гистограммы по красной составляющей i -того пикселя, hg_i и hb_i – по зеленой и синей яркости соответственно.

Данный этап выполняется с целью определить диапазон яркостей для линейного контрастирования. После вычисления, к изображению применяется линейное контрастирование с параметрами:

$$\begin{aligned} \min_r &= Mr - \sigma_r, \quad \max_r = Mr + \sigma_r \\ \min_g &= Mg - \sigma_g, \quad \max_g = Mg + \sigma_g \\ \min_b &= Mb - \sigma_b, \quad \max_b = Mb + \sigma_b \end{aligned}$$

$$h'_i = \frac{h_i - \min}{\max - \min} \cdot 255 \quad [1]$$

Второй этап. Проводится кластеризация по гистограмме изображения прошедшего контрастирование и вычисляется значение порога $p1$. Пиксели лежащие в диапазоне $0..p1$ – относятся к объектам, а в диапазоне $p1..255$ – к фону.

Третий этап. На данном этапе происходит выявление теряемой информации принадлежащей объектам, при применении алгоритма k -средних в один этап. Для этого выполняется

кластеризация в диапазоне яркостей соответствующих фону. Полученное пороговое $p2$ значение используется для корректировки итогового порога бинаризации, который рассчитывается как среднее значение от $p1$ и $p2$.

$$p = \frac{p1 + p2}{2}$$

Если яркость исследуемых объектов четко разграничена с яркостью фона, то применение двух этапной кластеризации может привести к появлению нежелательных "примесей фона". Анализ качества и возможности использования второго этапа кластеризации ложится на оператора системы. Выбор выполняется один раз на этапе настройки системы распознавания.

Пример работы алгоритма на примере растрового изображения мазка периферической крови.

На рис. 1 представлено растровое изображение (рис. 1а), поступающее на вход алгоритма. Как видно из гистограммы (рис. 1б) изображение имеет суженный диапазон яркостей. Применение алгоритма k -средних в один этап без предварительного контрастирования приводит к получению некорректной маски фона (рис. 2а).

После выполнения первого этапа предлагаемого алгоритма, гистограмма изображения "растягивается" по всему диапазону яркостей. Изменение качества можно увидеть визуально (рис. 2а), объекты стали контрастнее. После применения стандартного алгоритма k -средних результат бинаризации улучшается (рис. 2б), края объектов не имеют разрывов, четко просматриваются внутренние границы.

Как уже отмечалось выше, наличие промежуточного цвета, приводит к потере информации (рис. 4а). Диапазон яркостей, соответствующий потерянной информации, выделяется согласно описанному усовершенствованному алгоритму k -средних.

На рис. 5 представлен результат препарирования (рис. 5а) выполненный в автоматическом режиме по предложенному алгоритму.

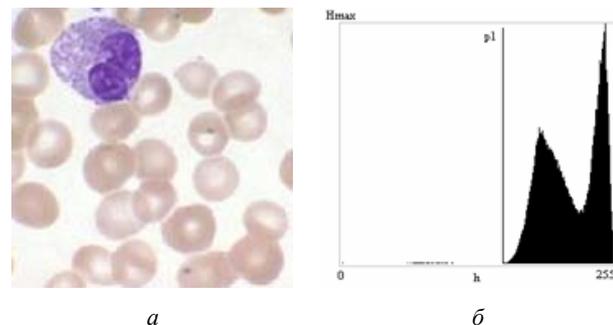


Рис. 1:

а – исходное изображение; б – гистограмма изображения

*a**б*

Рис. 2:

a – результат препарирования до контрастирования; *б* – результат препарирования после контрастирования

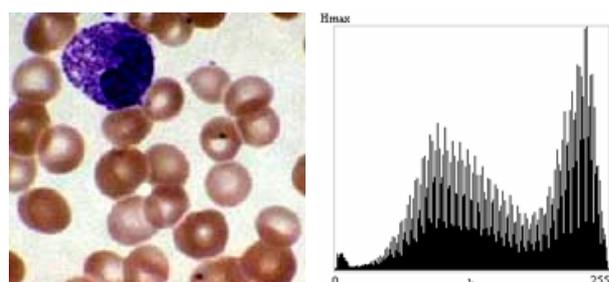
*a**б*

Рис. 3:

a – изображение после контрастирования; *б* – гистограмма изображения

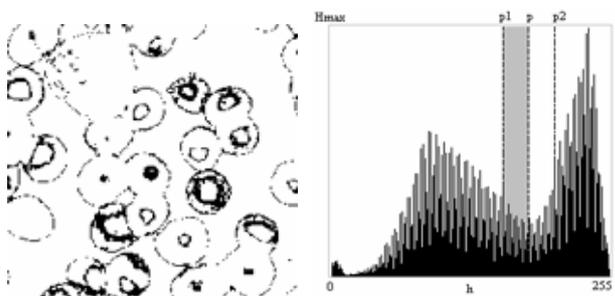
*a**б*

Рис. 4:

a – потерянная информация; *б* – область гистограммы соответствующая потерянной информации (выделена серым)

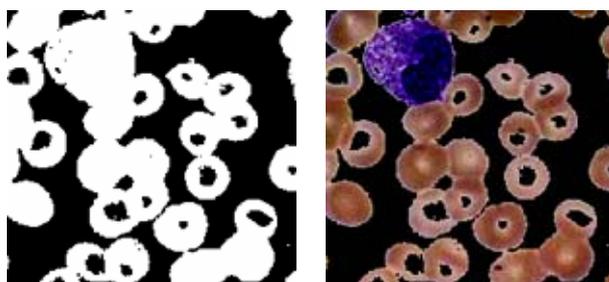
*a**б*

Рис. 5:

a – результат бинаризации после применения описанного алгоритма; *б* – результат обработки

Использование вышеописанного алгоритма позволяет автоматизировать процесс, предварительной обработки изображений подлежащих препарированию. Предлагаемый метод может быть применен не только к препаратам мазков периферической крови, но и к любым другим изображениям, где объекты исследования имеют области с яркостью близкой к яркости фона.

Для определения преимуществ предлагаемого подхода в табл. 1 приведены сравнительные характеристики исследованных алгоритмов.

Таким образом представленный в работе алгоритм позволяет повысить качество бинаризации за счет двух уровневой кластеризации, с предварительным линейным контрастированием.

Таблица 1

Сравнительные характеристики исследованных алгоритмов.

Метод	Скорость обработки	Входные данные	Качество обработки изображения с неравномерным распределением яркости исследуемых объектов	Эффективность автоматического применения
Анализ бимодальной гистограммы	Быстрый	гистограмма	Низкое	Низкая
Адаптивная бинаризация	Медленный	яркость области окружения пикселя	Среднее	Низкая
Алгоритм <i>k</i> -средних	Быстрый	гистограмма	Низкое	Средняя
Предлагаемый комбинированный алгоритм	Быстрый	гистограмма	Высокое	Высокая

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грузман И. С., Киричук В. С., и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Учебное пособие. Новосибирск, 2000

2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработка изображений. – М.: Радио и связь, 1988.

3. Курс лекций по дисциплине "Введение в компьютерную графику". ВМиК МГУ, 2003.

УДК 004.932.2

*О. О. Привалов**, *Л. Н. Бутенко***

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ**

*КТИ ВолгГТУ,

**Волгоградский государственный технический университет (butenko@vstu.ru, galva@mail.ru)

В работе рассматривается подход к формализованному описанию клеток периферической крови человека с целью реализации автоматизированного анализа растровых изображений, полученных в результате микроскопии. Выделяются основные морфометрические признаки и последовательность вычисления их количественной оценки.

Ключевые слова: автоматизация, микроскопия, периферическая кровь, модель, методика, морфометрия.

O. O. Privalov, L. N. Butenko

**TECHNIQUE OF THE AUTOMATED ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF CAGES OF PERIPHERAL BLOOD**

In work the approach to the formalized description of cages of peripheral blood of the person for the purpose of realisation of the automated analysis of the raster images received as a result of microscopy is considered. The basic are allocated morphometric signs and sequence of calculation of their quantitative estimation.

Automation, microscopy, peripheral blood, model, technique.

Клинический анализ крови представляет значительную диагностическую ценность в сочетании со всей симптоматикой болезни. Сравнение данных клинических анализов при повторных исследованиях больного дает возможность судить о течении патологического процесса, эффективности лечения и возникновения осложнений, а также предсказать исход заболевания.

Одним из основных и наиболее трудоемких этапов анализа является подсчет лейкоцитарной формулы, цель которого не только подсчитать количество лейкоцитов на единицу объема, но и провести исследование морфологии найденных объектов. В настоящее время эта задача решается визуальным анализом препарата лаборантом клинической лаборатории. Автоматические счетчики форменных элементов крови не позволяют определить морфологию клеток.

Автоматизация обработки результатов микроскопии повышает качество и эргономику работы лаборанта, а также способствует накоплению информационных банков, использование которых позволяет накапливать опыт исследований и определения патологий.

Цель работы: разработать методику и выявить основные параметры классификации для распознавания клеток периферической крови на разных этапах созревания.

Описываемая методика ориентирована на автоматизированное распознавание отдельно выделенных клеток (кроме ретикулоцитов и эритроцитов) в препарате мазка периферической крови, окрашенного по методу Романовского.

Цель методики: выделить численные значения параметров классификации для возможности распознавания объекта с использованием системы искусственного интеллекта на базе нейронной сети.

Входной информацией является растровое изображение распознаваемой клетки в формате HSV.

Первостепенная задача распознавания образов заключается в выявлении параметров классификации. На основе морфологических особенностей клеток IV, V и VI классов, согласно общепринятой схеме кроветворения, предлагается следующая базовая модель описания клетки:

$$M = \langle K, Y, C \rangle,$$

где K – кортеж выделенных метрик клетки в целом;

Y – кортеж выделенных метрик ядра;

C – кортеж выделенных метрик цитоплазмы.

Рассмотрим более подробно кортеж выделенных метрик клетки:

$$K = \langle S, D, P, (Z, B1) \rangle,$$

где S – площадь всей клетки [мкм^2];

D – диаметр (максимальное расстояние от центра до контура цитоплазмы) [мкм];

P – отношение площади ядра клетки к площади цитоплазмы;

Z – отношение общей площади зернистости к площади всей клетки.

$B1$ – цветовая гамма зернистости по H – составляющей цветовой модели HSV (синяя, темно-фиолетовая, желто-красная и т. д.).

Детализация информации на уровне ядра и цитоплазмы представлена следующими кортежами: кортеж, описывающий свойства ядра:

$$Y = \langle T, V, G \rangle,$$

где T – тип ядра, номер объекта из выявленного справочника ядер (сферическое, бобовидное, и т. д.);

V – количество вакуолей в ядре;

G – мера "грубости" ядра.

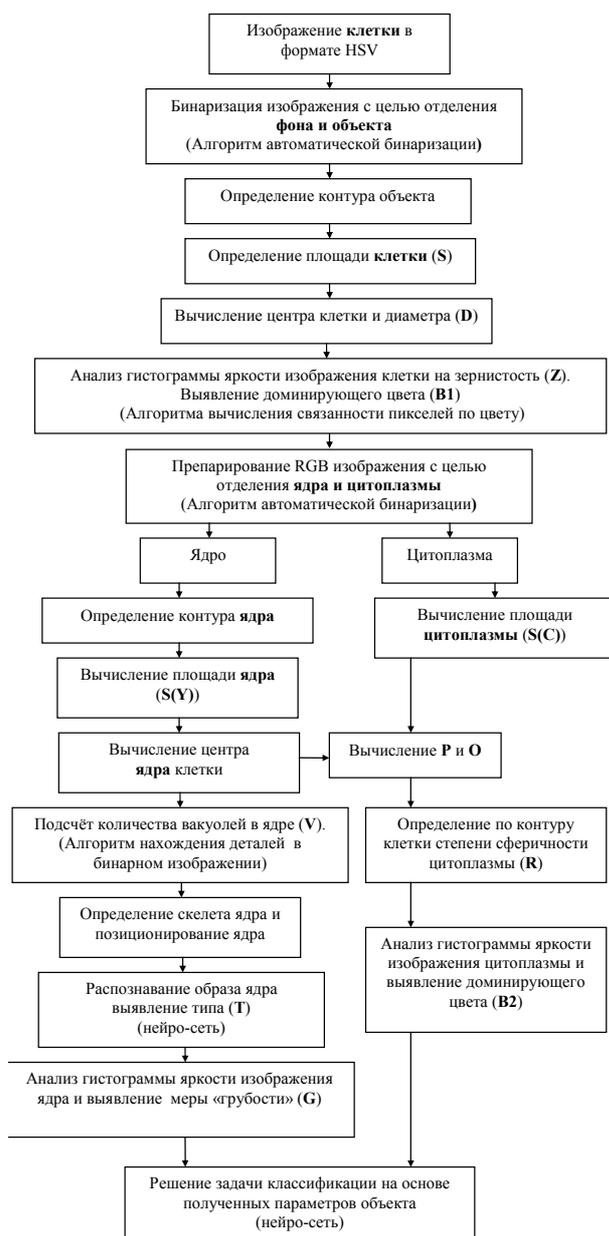


Рис. 1. Основные этапы предлагаемой методики определения морфологических признаков клеток крови

Кортеж, описывающий подобъект цитоплазму:

$$C = \langle R, B2, O \rangle$$

где R – степень сферичности;

$B2$ – цветовая гамма по H – составляющей цветовой модели цветовой гамма в качественном описании (синяя, серовато-фиолетовая, розовая);

O – степень выраженности перенуклеарной зоны.

Предлагаемая методика направлена на распознавание отдельных (препарированных) объектов совокупного изображения. Предшествующими операциями следует считать: подготовку растрового изображения, цель которой обеспечить улучшение качества изображения путем фильтрации и отсеивание таких паразитных явлений как неоднородность фона, наличие посторонних включений и т. д., а также операцию пообъектного препарирования, позволяющую выделить отдельные клетки из массы объектов препарата.

Ниже приводятся основные этапы предлагаемой методики.

Предлагаемая методика ориентирована на весь спектр морфологически распознаваемых профилирующих клеток крови. Для определения численных значений параметров классификации разработаны алгоритмы вычисления, входными данными для которых являются цвето-яркостные характеристики исследуемых объектов. Разработана автоматизированная система распознавания типа клеток по их изображению, система проходит тестирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Любина А. Я. Ильичева Л. П. Клинические лабораторные исследования. – М.: Медицина, 1984. – 288 с.
2. Козловская Л. В., Николаев А. Ю. Учебное пособие по клиническим лабораторным методам исследования, – 2-е изд. – М.: Медицина, 1984. – 288 с.
3. Абрамов М. Г. Гематологический атлас. – М.: Медицина, 1979. – 280 с.
4. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник для вузов. – С-Пб.: Питер, 2001. – 384 с.
5. Галушкин А. И. Теория нейронных сетей. Кн. 1. / Под ред. А.И. Галушкина. М.: ИПРРЖР, 2000.

УДК 658.512.2: 66.02

М. А. Цыканова, Л. Н. Бутенко
**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ФОНД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Волгоградский государственный технический университет (tsykanova-marina@yandex.ru, butenko@vstu.ru)

В данной статье рассмотрены основные положения построения фонда эвристических приемов в виде иерархической структуры. При формировании фонда эвристических приемов для уровня иерархии – химико-технологический аппарат использован межотраслевой фонд. Приведены технические решения, защищенные патентами РФ, подтверждающими правильность интерпретации.

Ключевые слова: эвристический прием, объектно-ориентированный фонд, межотраслевой фонд, интерпретация, химико-технологический аппарат.

M. A. Tsykanova, L. N. Butenko.
**OBJECT-ORIENTED FUND OF HEURISTIC RECEPTIONS FOR DESIGNING EQUIPMENT
OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

In this article basic thesis construction the fund of heuristic receptions as a hierarchical structure are considered. At forming the fund of heuristic receptions for the level of hierarchy – a chemical-technological equipment was applied interbranch fund. Technical decisions are protected by patents of RF and are confirmed the rightness of interpretation.

Heuristic reception, object-oriented fund, interbranch fund, interpretation, chemical-technological equipment.

В настоящее время для создания конкурентоспособных изделий и технологий требуется накопление и обобщение опыта разработчиков новой техники на основе информационных технологий. Решение этой задачи возможно осуществить путем структурирования эмпирического опыта в виде эвристических приемов.

Эвристика – это последовательность предписаний или процедур обработки информации, выполняемая с целью поиска более рациональных и новых конструктивных решений. Использование эвристик позволяет сокращать время решения задач по сравнению с методом целенаправленного перебора альтернатив. Эвристический прием обычно не содержит прямого однозначного указания, как преобразовать прототип. Полученное решение не является наилучшим, а относится лишь к множеству допустимых решений. Эвристические методы обычно противопоставляют формальным методам решения, опирающимся на точные математические модели. Многие эвристические приемы могут быть успешно использованы в самых различных областях техники. Они со временем морально не стареют и оказываются полезными и в других предметных областях. Именно на этих свойствах основывается метод эвристических приемов, который интегрирует в методически доступной форме опыт многих проектировщиков новой техники.

В работе описан межотраслевой фонд эвристических приемов [1]. Фонд разделен на 12 групп: 1) преобразование формы, 2) преобразование структуры, 3) преобразование в пространстве, 4) преобразование во времени, 5) преобразование движения и силы, 6) преобразование

материала и вещества, 7) приемы дифференциации, 8) количественные изменения, 9) использование профилактических мер, 10) использование резервов, 11) преобразования по аналогии, 12) повышение технологичности.

Целью данной работы является интерпретация обобщенных эвристических приемов, приведенных в межотраслевом фонде, относительно конкретной предметной области – химической технологии. По отношению к ней известен фонд, содержащий систематизированные и обобщенные эвристики [2]. Они могут быть, по мнению автора, использованы при разработке технологической схемы любого химического производства. В данной работе также представлены специальные эвристики, характеризующие принципы создания высокоэффективных производств хлорметана, но не показана процедура их получения. В связи с этим дополнительной целью нашей работы явилось определение возможных процедур интеллектуальной обработки обобщенных фондов, которые позволили бы облегчить формулировку частных эвристических приемов. Мы исходили из предположения, что эвристики могут быть структурированы в соответствии с иерархическим описанием объектов и процессов химической технологии. Для построения иерархической структуры фонда эвристических приемов нами было использовано иерархическое описание предметной области по [2]. При декомпозиции по вертикали химико-технологических систем, элементами которой являются отдельные физико-химические системы, уровни иерархии ее структуры могут быть представлены в виде: I – атомарно-молекулярный уровень (АМ-уровень); II – глобулярные, надмолекулярные структуры

(Г-уровень); III – единичное включение дисперсной среды (ЕВ-уровень); IV – ансамбль включений дисперсной среды (АВ-уровень); V – контактное устройство (КУ-уровень); VI – контактная ступень (КС-уровень); VII – технологический аппарат в целом (ТА-уровень); VIII – комплекс технологических аппаратов (ХТС-уровень). Уровни КУ, КС, ТА образуют аппаратурно-технологическую единицу или химико-технологический аппарат. В соответствии с вышеуказанными представлениями мы решили формировать фонд эвристических приемов для аппаратурного оформления процессов химической технологии.

Кроме того, для создания объектно-ориентированного фонда эвристических приемов для уровня иерархии – химико-технологический аппарат применялся межотраслевой фонд [3]. Фактически наименование разделов этого фонда являются обобщенными эвристиками, которые мы использовали для формулировки частных эвристических приемов. Нами было получено 7 эвристических приемов по "преобразованию формы", 14 по "преобразованию структуры", 5 по "преобразованию во времени", 4 по "преобразованию движения и силы". Ниже приведены примеры интерпретации и технические решения, защищенные патентами РФ, подтверждающими правильность интерпретации.

Эвристический прием – "сосредоточить органы управления и контроля в одном месте" был интерпретирован следующим образом. Использовать объект, который позволяет не только контролировать параметры процесса, но и при отклонении их от заданного диапазона изменять свою форму, приходить в движение, становиться источником физического, электрического поля, приводить рабочую среду в колебание.

Примером является – интегральный аппарат для химической обработки и способ его изготовления [4]. Интегральная структура для обработки и производства химических продуктов содержит множество соединенных вместе пластин с по крайней мере одним входным окном и по меньшей мере одним выходным окном, и по крайней мере один трехмерный извилистый канал, сформированный сквозь пластины, для размещения в нем химических продуктов, которые должны быть обработаны, а также средства для проведения по крайней мере одного типового физического процесса химической технологии для обработки химических продуктов с осуществлением желаемого контроля. Средства контроля температуры представляют собой комбинацию одного или нескольких дат-

чиков температуры и одного или нескольких средств управления нагревом потока материала. Указанные средства управления нагревом потока материала выбраны из группы, содержащей электрический нагреватель, находящийся в контакте с интегральной структурой, теплообменник, находящийся в контакте с интегральной структурой, и средства для передачи энергии излучения.

Эвристический прием – "присоединить к объекту жестко или шарнирно новый элемент (пластину, стержень, оболочку, трубу и т. п.), находящийся в рабочей среде или в контакте с ней" был интерпретирован следующим образом. Использовать шарнирно присоединенный элемент, который при определенном воздействии меняет свое положение таким образом, чтобы поток вещества через этот элемент попадал в другую рабочую среду. Использовать жестко присоединенный элемент, который непрерывно, периодически, импульсно обеспечивает поступление потока вещества в другую рабочую среду. Возможно также разделение потока вещества на два или несколько и поочередное поступление их в каждую секцию контактного устройства. Использовать шарнирно или жестко присоединенный к объекту элемент для удаления нежелательных примесей, побочных продуктов, целевого продукта (химическое взаимодействие, физическое связывание, воздействие поля).

Примером является – реактор для проведения гетерогенного экзотермического синтеза [5]. Описывается реактор для получения метанола или аммиака из синтез-газа, который включает вертикальный корпус, крышку и днище, штуцера для ввода исходной газовой смеси и вывода целевого продукта, газопроницаемые горизонтальные перегородки, на которых расположены слои катализатора, по крайней мере одну камеру смешения для перемешивания горячего газового потока, выходящего из слоя катализатора, и холодного газового потока, подаваемого через распределительное средство от штуцера для ввода исходной газовой смеси. Ниже и параллельно газопроницаемой перегородки установлена глухая перегородка, между которыми образовано промежуточное пространство, куда поступают горячий и холодный газовые потоки, а камера смешения сообщается с промежуточным пространством и снабжена газходом, который установлен таким образом, что через него выходит, дополнительно перемешиваясь, газовый поток из камеры смешения в объем ре-

актора ниже промежуточного пространства. Камера смешения выполнена в форме полого цилиндра с глухими крышкой и днищем и отверстиями для поступления в нее частично перемешанного в промежуточном пространстве газового потока, выполненными в его стенке на уровне промежуточного пространства. Она располагается коаксиально и вдоль оси реактора, герметично соединена с газопроницаемой перегородкой и частично погружена в слой катализатора. Газоход в камере смешения выполнен в форме трубы и установлен коаксиально и вдоль оси реактора. Технический результат – устранение перегревов и дезактивации катализатора.

Таким образом, использование иерархического подхода к формулировке эвристических приемов и интерпретация их межотраслевого фонда позволило сформировать 30 эвристик для аппаратурного оформления процессов химической технологии. Полученные результаты могут быть распространены на методы получе-

ния эвристических приемов, относящихся к другим уровням описания процессов и объектов химической технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы выявления патентоспособных технических решений. Эвристические приемы поиска изобретательских идей [Электронный ресурс]. – [2007]. – Режим доступа: <http://www.bru.mogilev.by/students/material/researches/glava19-20.htm>
2. Дорохов, И. Н. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств/ И. Н. Дорохов, В.В. Меньшиков. – М.: Наука, 2005. – 584 с.
3. Межотраслевой фонд эвристических приемов [Электронный ресурс]. – [2007]. – Режим доступа: <http://doc.unicon.ru/tm/>
4. Интегральный аппарат для химической обработки и способ его изготовления [Электронный ресурс]. – [2007]. – Режим доступа: <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll>
5. Реактор для проведения гетерогенного экзотермического синтеза [Электронный ресурс]. – [2007]. – Режим доступа: <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll>

УДК 004.89

О. А. Шиловский, Д. А. Давыдов

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Волгоградский государственный технический университет (oleg@shilovskiy.be)

В статье предлагаются подходы к построению систем поддержки принятия решений в задачах управления ВУЗОм, используя интеллектуальные платформы обработки данных из различных источников.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, аналитические платформы, задачи управления.

O. A. Shilovskiy, D. A. Davidov

DEPLOYING DECISION SUPPORT SYSTEM FOR UNIVERSITY MANAGEMENT TASK.

Some approaches to building analytics system for middle-manager which uses in work decision support system. Analytics platform for decision support system. Management system. Decision tree, Data sources.

В последние годы в Российской Федерации государственными органами управления образования и образовательными учреждениями различного уровня проводятся мероприятия и эксперименты по диагностике качества образования. Как правило, эффективность деятельности вуза оценивается на основе рейтинга по Методике, представленной в приказе Минобрнауки РФ от 10 ноября 2002 г. № 3906 "Об утверждении перечня документов и материалов, представляемых к лицензионной экспертизе при проведении комплексной оценки деятельности высшего учебного заведения".

Большое количество данных, которые накапливаются в учебном заведении по студентам, преподавательскому составу и т. д. содержат в себе информацию, которая может быть использована для выявления как явных, так и скрытых закономерностей между определенными показателями эффективности, которые явно или косвенно по-

крывают все критерии при комплексной оценке вуза. Так результаты успеваемости студентов, итоговые оценки государственных экзаменов, оценки выпускных работ могут быть взяты во внимание наряду с количественными и качественными оценками преподавательского состава и материально-технической оснащенностью учебного заведения. Вместе с этим психолого-социологические службы так же регулярно проводят анкетирования студентов, результаты которых могут повлиять на целевые показатели.

Для поддержки процесса принятия решений по управлению вузом с целью повышения рейтинга целесообразно использовать инструменты анализа поведения сложной системы, какой является вуз, при различных управляющих воздействиях.

Для структуризации показателей эффективности деятельности вуза их необходимо разделить на 3 группы. Первую группу составляют

показатели, рассчитанные на основе статистических данных отражающие наиболее значимые ресурсы и процессы. Вторую группу – показатели, характеризующие качество научных исследований и подготовки специалистов по направлениям обучения в вузе. Третья группа параметров формируется на основе анализа скрытых зависимостей между процессами и показателями двух первых групп.

Для того, что бы собрать необходимую информацию по учебному заведению и ее дальнейшего анализа, необходимо наличие средств сбора информации, а так же интерфейсы доступа к данным из имеющихся источников.

В данном проекте, в качестве одного из средств сбора данных является Интернет-магазин

научекой продукции ВолгГТУ, так как основной контент магазина составляет литература и научно-исследовательские работы сотрудников вуза. С помощью информации из базы данных Интернет-магазина можно собрать данные по научно-издательской деятельности преподавателей университета, составить список публикаций, а так же рейтинги просмотра и покупок изданий. Для доступа к существующим базам данных рейтинга студентов и преподавателей целесообразно использовать программные интерфейсы, которые сделают возможным использование данных для составления общей, централизованной базы данных университета. Концептуальная схема системы изображена на рис. 1.

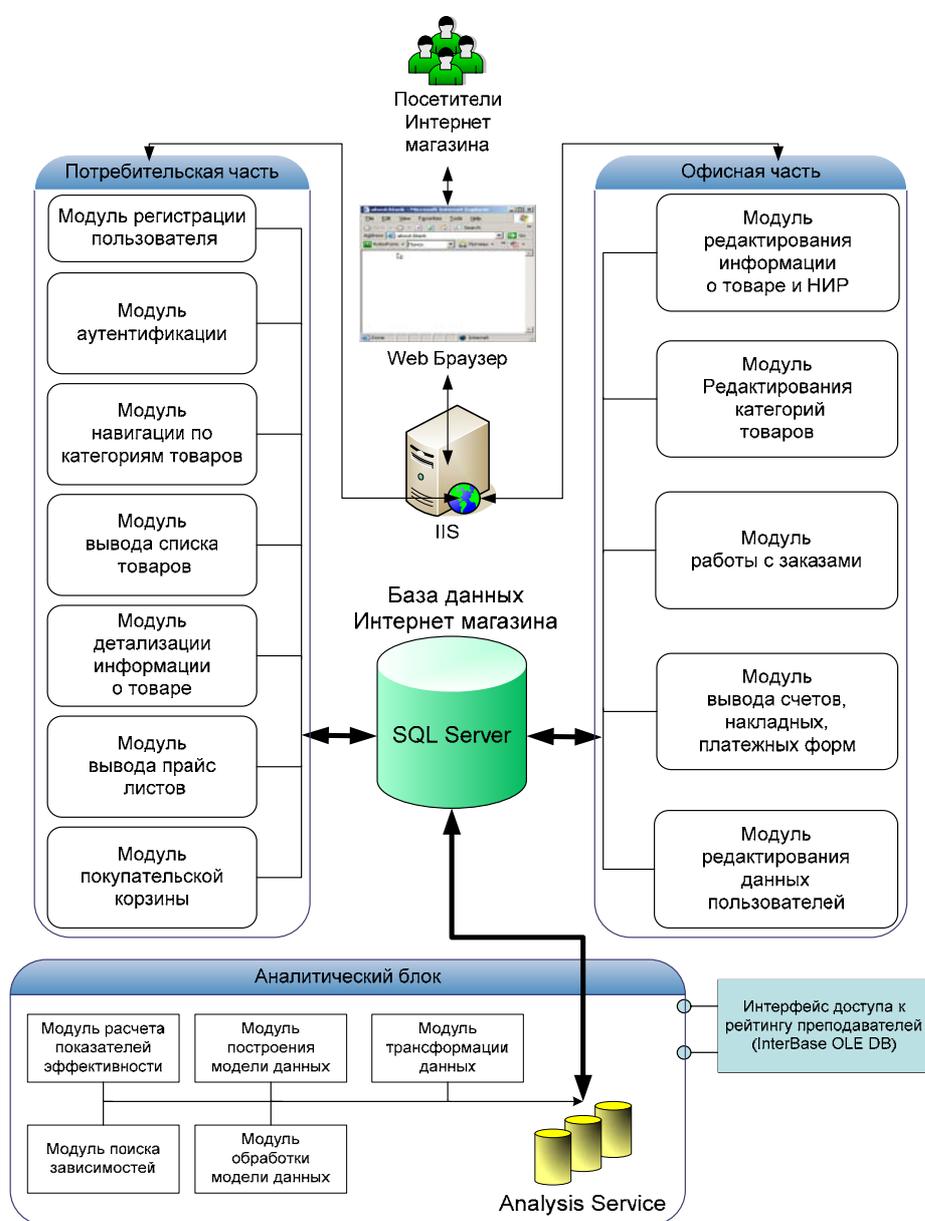


Рис. 1. Концептуальная схема системы поддержки принятия решений в задачах управления вузом

Сбор информации из различных источников дает возможность многоаспектного анализа с помощью методов извлечения знаний (Data Mining). Data Mining – это процесс выделения из данных неявной и неструктурированной информации и представления ее в виде, пригодном для реализации. В данной работе для обработки показателей необходимо использовать методы кластеризации (clustering), то есть группировку записей, имеющих одинаковые характеристики, например, по близости значений полей. Кластеризация часто рассматривается как первый необходимый шаг для дальнейшего анализа данных.

Используя систему, руководство вуза и подразделений получает мощный инструмент для анализа собственной деятельности и целеполагания на дальнейшее развитие. Как следствие, учебное заведение сможет более эффективно использовать свой потенциал и продвигать учебно-методическую и научно-техническую продукцию вуза на мировом рынке.

К примеру, достаточно сложно определить, что для выпускников будет лучше: увеличение жилищного фонда вуза, пополнение преподавательского состава на N человек или закупка k компьютеров. Однако, исходя из информации, которая собирается годами в архивах можно выявить как явные взаимосвязи, так и не триви-

альные зависимости. Изменяя коэффициенты, влияющие явно или косвенно на целевые показатели, можно проследить как изменятся целевые показатели. При этом учебное заведение избегает больших временных и финансовых затрат.

Важно отметить, что подход к оценке качества образования, как одного из аспектов развития образовательного учреждения должен быть системным и комплексным, поскольку если какой-то компонент системы отсутствует или связи между ними ослаблены, то эффективность результатов будет низкой. При комплексном подходе учитываются педагогические, технические, экономические, организационные, социальные, психологические, политические, демографические и другие аспекты и их взаимосвязи в системе оценки качества образования.

Определение факторов, которые будут влиять на востребованность выпускников вуза, возможно, осуществить при поддержке кадровых агентств, которые так или иначе владеют информацией о том, какие специальности востребованы. Эти критерии к соискателям можно сопоставить с показателями работы учебного заведения и скорректировать развитие ВУЗа, а, следовательно, принимать верные решения для вывода учебного заведения на лидирующие позиции.

УДК 681.3

П. Н. Воробкалов, О. А. Шабалина

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНОГО ПОДХОДА

Волгоградский государственный технический университет (pavor84@mail.ru, shabalina@cad.vstu.ru)

В статье анализируются подходы к оценке качества электронных обучающих систем. Предлагается многослойный подход для оценки качества электронных обучающих систем, расширенный за счет применения моделирования процесса обучения. В статье показано, что использование модели процесса обучения для оценки качества позволяет идентифицировать недостатки существующих обучающих систем.

Ключевые слова: E-learning, адаптивная обучающая систем, оценка качества, многослойный подход.

Pavel Vorobkalov, Olga Shabalina

MANAGEMENT OF ADAPTIVE E-LEARNING SYSTEMS DESIGN QUALITY USING LAYERED APPROACH

Existing approaches to quality estimation of e-learning systems are analyzed. The "layered" approach for quality estimation of e-learning systems enhanced with learning process modeling and simulation is presented. We argue that using learning process modeling for quality estimation simplifies identifying lacks of an e-learning system for an expert.

E-learning, adaptive learning systems, quality estimation, layered approach.

На сегодняшний день в области разработки электронных обучающих систем существует тенденция к персонализации процесса обучения. Такие системы являются адаптивными, то есть курс обучения в них формируется индивидуально для каждого пользователя. Стратегия и тактика обучения в адаптивной обучающей системе определяется самой системой. Таким образом, система берет на себя ответственность руководства обучаемым в процессе обучения. Поэтому проблема оценки качества механизмов адаптации очень актуальна. В результате оценки качества разработчик получает данные, необходимые для новой итерации цикла разработки системы.

В настоящее время наибольшее распространение получили две модели жизненного цикла (ЖЦ), применяемые при проектировании автоматизированных систем: каскадная и спиральная.

Анализ модели AS-IS процесса проектирования адаптивных систем на основе каскадной модели показывает, что каскадная модель наряду с очевидными достоинствами обладает рядом недостатков, вызванных тем, что реальный процесс создания программного обеспечения никогда полностью не укладывается в такую жесткую схему. Кроме того, при использовании каскадной модели для оценки качества системы используется подход, называемый подходом "в целом". Оценка качества системы в таком подходе осуществляется на основе определения значений ее общих критериев качества (производительность, безопасность и т. д.), анализа отзывов пользователей, статистического анализа результатов работы в системе и на основе проверки соответствия стандартам (сер-

тификации). Предоставляемой информации часто недостаточно для улучшения системы.

В спиральной модели ЖЦ делается упор на начальные этапы: анализ и проектирование. При этом оценка и контроль качества разрабатываемой системы особенно важны. Неполное завершение работ на каждом этапе приводит к тому, что недостатки системы могут обнаружиться на любом из ее уровней. Применение подхода "в целом" к оценке качества системы мало помогает при разработке системы на основе спиральной модели ЖЦ. Поэтому необходим подход, позволяющий оценивать качество отдельных компонентов системы уже на этапе ее разработки, обнаруживать недостатки на концептуальном уровне. Особенно это важно при разработке адаптивных обучающих систем. Эффективность обучения определяется многими факторами: интерфейсом, информационным наполнением и тем, как организована адаптация обучающего курса для обучаемого.

В [1] предложен многослойный подход, ориентированный на оценку качества адаптивных обучающих систем. Процесс адаптации в многослойном подходе разбивается на несколько стадий (т.н. слоев), которые рассматриваются в отдельности. В результате анализа многослойного подхода выявлены следующие достоинства: методы, основанные на данном подходе, предоставляют данные о функционировании отдельных компонентов системы; подход может быть использован на ранних этапах разработки системы. К недостаткам многослойного подхода можно отнести: требование к знаниям о внутреннем устройстве системы; полученные оценки полезны, как правило, только для разработчиков.

Применение данного подхода требует определения набора слоев для оценки и формирования набора критериев для оценки качества на каждом слое [2]. Для определения набора слоев был проведен анализ и построена модель ТО-ВЕ процесса проектирования адаптивной обучающей системы (см. рис. 1). В результате определен следующий набор слоев: слой "Интерфейс"; слой "Построение моделей адаптации"; слой "Обучающие материалы и структура предметной области"; слой "Принятие решений по адаптации" и сформированы наборы критериев качества для оценки на каждом слое [3].

Оценка качества интерфейса адаптивных обучающих систем может осуществляться на основании мнения экспертов и/или с использованием обработки результатов работы в системе пользователей. Существуют проекты, в которых знания экспертов в области построения интерфейса объединены, сформированы руководства по построению практичного интерфейса. Практичность интерфейса – это комплексная характеристика, которая подразумевает удобство, простоту в использовании и изучении и общую привлекательность интерфейса.

Для количественной оценки качества системы в слое "Интерфейс" предлагается представлять в виде правил накопленные знания в области построения практичного интерфейса. Оценка качества тогда сводится к нахождению степени уверенности для вывода правила. Чем больше степени уверенности для выводов правил, тем выше качество интерфейса системы.

Таким образом, качество интерфейса можно оценить по формуле:

$$Q_i = EV \cdot KV,$$

где: Q_i – качество интерфейса;

EV – вектор степени уверенности для выводов правил;

KV – вектор степени уверенности для правил.

$$EV = \left\langle \frac{T_1}{T_1 + F_1}, \frac{T_2}{T_2 + F_2}, \dots, \frac{T_n}{T_n + F_n} \right\rangle,$$

где T_i – число раз, когда вывод правила, соответствующего i -ой эвристике, оказался верным для оцениваемого интерфейса;

F_i – число раз, когда вывод правила, соответствующего i -ой эвристике, оказался ложным для оцениваемого интерфейса;

n – число правил, используемых для оценки интерфейса.

$$KV = \langle K_1, K_2, \dots, K_n \rangle,$$

где K_i – степень уверенности для i -ого правила.

Слой "Построение моделей адаптации" является во многом определяющим в адаптивных обучающих системах. Современные подходы к разработке адаптивных обучающих систем основаны на использовании следующих моделей: модель предметной области, модель обучаемого и адаптационная модель. При оценке качества моделей адаптации используются различные критерии [4]: доля правильно классифицированных пользователей; отклонение значений характеристик пользователя в модели обучаемого от характеристик, определенных экспертом; точность определения целей обучения.

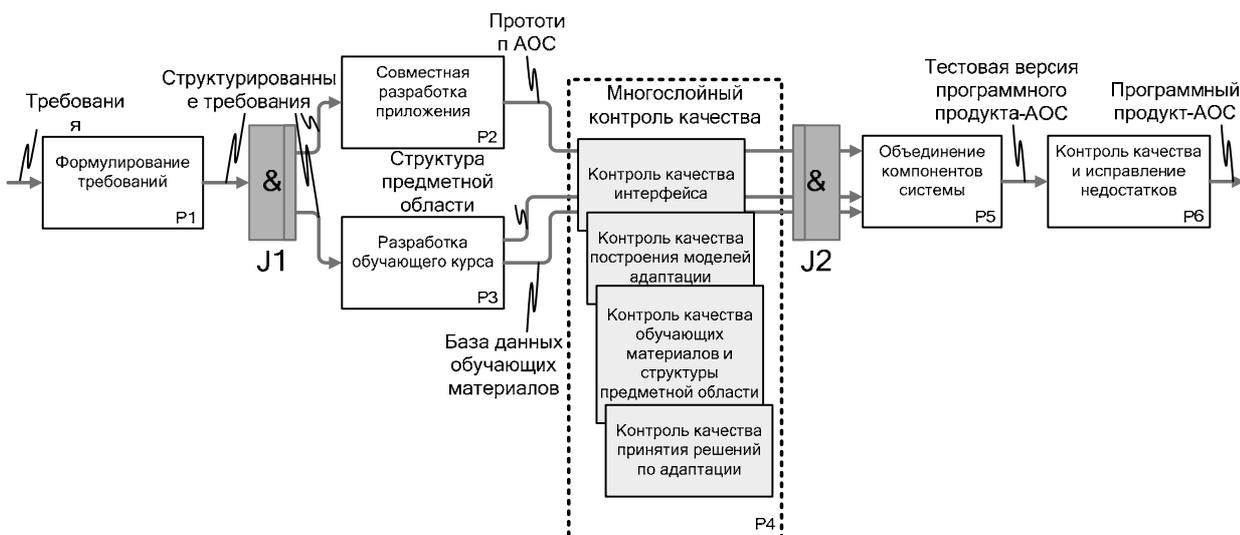


Рис. 1. Модель процесса разработки адаптивной обучающей системы на основе спиральной модели жизненного цикла ТО-ВЕ (в нотации IDEF3)

Эти критерии основаны на уже полученных результатах обучения, поэтому могут применяться при наличии рабочей версии созданной адаптивной обучающей системы.

Для оценки модели обучаемого на этапе разработки адаптивной обучающей системы предлагается критерий адекватности. Под адекватностью модели обучаемого будем понимать степень соответствия информации о нем в модели его реальным характеристикам, играющим важную роль при обучении. Адекватность модели обучаемого определяется как набором характеристик, которые она учитывает, так и способом определения этих характеристик. В общем случае модель обучаемого можно представить в виде:

$$Learner_Model = \langle LC_1, LC_2, \dots, LC_K \rangle,$$

где LC_i – i -ая характеристика обучаемого.

При расчете оценки адекватности модели обучаемого предлагается использовать функции чувствительности. Под чувствительностью модели обучаемого по параметру P будем понимать отношение изменения заключения системы о характеристике обучаемого LC к изменению значения измеряемого параметра P :

$$SP = \frac{\Delta LC}{\Delta P},$$

где: SP – чувствительность модели обучаемого по параметру P ;

ΔLC – изменение заключения системы о характеристике обучаемого;

ΔP – изменение значения измеряемого параметра.

Характеристика чувствительности модели обучаемого может быть использована для анализа степени влияния поведения обучаемого на изменение его характеристик в модели. Правильное различение пользователей по поведению повышает адекватность моделей адаптации.

Качество на слое "Обучающие материалы и структура предметной области" определяется следующими факторами: соответствием структуры гиперпространства структуре предметной области, полнотой содержания обучающих материалов и целостностью всех связей (отсутствием "пустых" ссылок). Оценку системы по первым двум факторам сложно автоматизировать, она должна осуществляться экспертами. Целостность же связей возможно оценить с помощью программного средства уже после реализации системы.

Оценка на слое "Принятие решений по адаптации" обучающей системой производится на последнем этапе разработки системы. В ее

основе, как правило, лежат данные о процессе работы системы, полученные в ходе ее тестирования группами пользователей. Для комплексной оценки адаптационных решений существующих критериев недостаточно.

Несмотря на многообразие тактик взаимодействия адаптивной обучающей системы с пользователем, при работе системы может возникнуть ситуация, при которой большинство тактик либо совсем не используются, либо используются крайне редко. Для определения такой ситуации предлагается критерий сбалансированности адаптации системы, значение которого определяется относительной частотой применения тактики по формуле:

$$B = -\sum_i F_i \log_N F_i,$$

где: B – сбалансированность адаптации обучающей системы;

F_i – относительная частота использования i -ой тактики взаимодействия пользователя с системой;

P – число всех возможных тактик взаимодействия пользователя с системой, соответствует числу путей в графе, описывающим процесс взаимодействия пользователь-система.

При анализе полученного значения критерия сбалансированности при большом объеме выборке можно однозначно сделать вывод о низкой гибкости механизма адаптации, если большая доля людей воспользовалась только одной стратегией, т. е. имеют смысл только близкие к нулю значения.

Покажем применение критерия адекватности для оценки модели обучаемого, основанной на сети доверия Бейеса [5]. Такая модель представляется множеством вида: $Knowledge = \{KL_1, KL_2, \dots, KL_n\}$, где KL_i – переменная, определяющая уровень знания концепта C_i сети предметной области на вероятностной шкале. Для оценки знаний используется дискретная шкала с четырьмя значениями: $KL = \{value_1, value_2, value_3, value_4\}$, где $value_k$ – k -ый уровень знания концепта. Значение каждой переменной KL_i определяется таблицей условных вероятностей состояний переменной $P(KL_i)$. Процесс обучения был смоделирован и были проанализированы результаты адаптации системы для различных типов обучаемых. Была рассчитана чувствительность модели обучаемого к колебаниям поступающих на вход модели данных о тестировании (см. рис. 2).

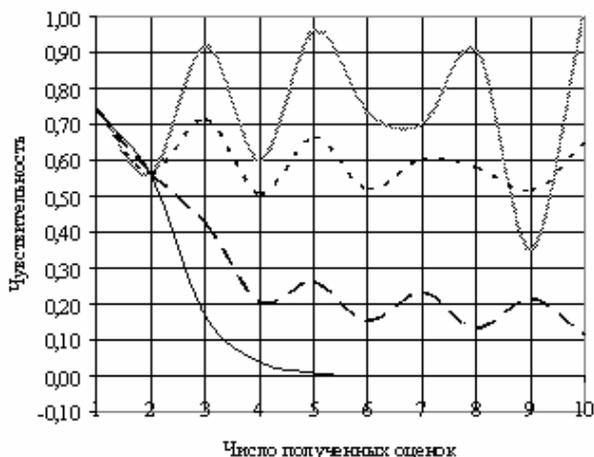


Рис. 2. Графики зависимостей чувствительности модели обучаемого от числа пройденных вершин:

— ΔP1 ΔP1 > ΔP2 > ΔP3 > ΔP4
 ··· ΔP2 ΔP1 - нестабильный стиль обучения
 - - ΔP3 ΔP4 - стабильный стиль обучения
 — ΔP4

Для этого были рассчитана зависимость состояния атрибута концепта KL_i от значений атрибутов всех дочерних концептов $KL_{ij} j = 1, 2, \dots, N$.

Анализ показал, что модель на сети Бейеса позволяет адаптироваться к процессу обучения с учетом стабильности показываемых результатов обучения. Чем выше стабильность результатов обучаемого, тем меньше отклонения от ожидаемых результатов влияют на оценку уровня знаний. Применение критерия адекватности позволяет на этапе проектирования системы оценить

различные модели обучаемого и выбрать модель, удовлетворяющую требованиям конкретной разработки.

Таким образом, предложен способ оценки качества адаптивных обучающих систем, основанный на использовании многослойного подхода. Для каждого слоя проведен анализ существующих критериев и введены новые критерии оценки качества для каждого слоя. Использование данного способа позволяет повысить качество разрабатываемых адаптивных обучающих систем, за счет обнаружения и исправления недостатков на концептуальном уровне разработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brusilovsky, P. Layered evaluation of adaptive learning systems / P. Brusilovsky, C. Karagiannidis, D.G. Sampson // Int. J. of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning. – 2004. – Vol. 14, № 4/5. – P. 402–421.
2. Weibelzahl, S. A database of empirical evaluations of adaptive systems. / S. Weibelzahl, G. Weber // Proceedings of the Workshop "Adaptivität und Benutzermodellierung in interaktiven Softwaresystemen". – P. 1–6.
3. Воробкалов, П. Н. Критерии оценки качества адаптивных систем / П.Н. Воробкалов // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сб. науч. трудов, Москва, 2005.
4. Chin, D. N. Empirical evaluation of user models and user-adapted systems / D. N. Chin // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2001. – 11(1-2), P. 181–194.
5. Шабалина, О. А. Модель пользователя для изучения языков программирования в адаптивной обучающей системе / О. А. Шабалина // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2005. – № 02. – С. 36–39.

УДК 004.55

А. В. Заболева-Зотова, И. В. Прохоров

ПРОБЛЕМЫ ДОСТУПНОСТИ САЙТОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО ЗРЕНИЮ

Волгоградский государственный технический университет (zabzot@vstu.ru)

В статье рассмотрены распространенные проблемы, возникающие при разработке сайтов доступных людям с ограничениями по зрению. Даются рекомендации существенно увеличивающие уровень доступности порталов дистанционного обучения.

Ключевые слова: дистанционное обучение, web-дизайн.

A. V. Zaboleeva-Zotova, I. V. Prohorov

PROBLEMS AVAILABILITY OF SITES FOR PEOPLE WITH RESTRICTIONS ON SIGHT

In clause the widespread problems arising by development of sites accessible people with restrictions on sight are considered. Recommendations essentially increasing a level availability of portals for remote training are given.

Remote training, web-design.

Для людей с ограничениями по зрению получение высшего образования сильно затруднено. Это связано с малым количеством специальных учебных пособий, учебников, адаптированных учебных курсов, необходимого оборудования и специально подготовленных педагогов в университетах.

Наиболее дешевым и эффективным способом решения данной проблемы является ис-

пользование технологий дистанционного обучения через сеть Интернет.

С каждым днем Интернет становится все более и более доступным средством получения необходимой информации и обучения. Открылись электронные СМИ, библиотеки, университеты. Но большая часть контента в сети предназначена для визуального восприятия, недоступного слепым людям.

На сегодняшний день разработано множество программных систем, озвучивающих контент страниц с экрана, так называемых "систем чтения с экрана". Они подключаются к наиболее распространенным браузерам и анализируют HTML код, выделяя в нем фрагменты текста. Найденные фрагменты читаются в порядке их появления на странице, что накладывает весьма существенное ограничение – линейность контента.

Контент считается линейным, если он однозначно воспринимается как с визуальным форматированием, так и без него.

Первый враг линейности – табличное форматирование (использование тегов описания таблиц для разбиения поля сайта на зоны). К сожалению, многие отечественные студии web-дизайна используют именно этот стиль. В результате, большая часть сайтов русскоязычной части Интернета трудно доступна незрячим людям.

Рассмотрим на примере, что происходит при использовании табличного форматирования.

На рис. 1а показан результат визуального форматирования страницы. На первый взгляд все нормально, но посмотрим на HTML код (рис. 1б).

Как видно из рис. 1б, на странице нарушен принцип линейности контента, а в результате система чтения с экрана интерпретирует данный HTML код следующим образом: *"Страница содержит один заголовок и ни одной ссылки. Пример плохого форматирования. Таблица с одной колонкой и тремя строками. Заголовок первого уровня: Пример недоступного сайта. Не используйте тэги таблиц для форматирования. Контент страницы должен быть линейным. Это делает сайт недоступным для*

людей с ограничениями по зрению. Используйте CSS. Конец таблицы". Очевидно, что прочитанный текст захлавлен лишними фразами и несет совсем другую смысловую нагрузку, чем планировали создатели страницы.

Для корректного форматирования страниц рекомендуется использовать каскадные таблицы стилей (CSS). Они позволяют разделить контент и визуальное форматирование, что существенно облегчает первоначальную верстку и последующие изменения.

Рассмотрим, как правильно сверстать страницу из предыдущего примера. На рис. 2а. приведен результат визуального форматирования корректной страницы, как видно он идентичен рис. 1а.

Как видно из рисунка (рис. 2б), контент страницы линейен, и система чтения с экрана интерпретирует его следующим образом: *"Страница содержит один заголовок и ни одной ссылки. Пример хорошего форматирования. Заголовок первого уровня: Пример доступного сайта. Не используйте тэги таблиц для форматирования. Это делает сайт недоступным для людей с ограничениями по зрению. Контент страницы должен быть линейным. Используйте CSS..."*.

Другим препятствием, стоящим на пути доступности сайтов для людей с ограничениями по зрению, является наличие изображений в контенте.

Ни одна из существующих систем чтения с экрана неспособна описать содержимое изображения. Вместо описания для каждого изображения озвучивается содержимое атрибута alt, так называемого текста замещения. Именно поэтому так важно заполнять атрибут alt короткими и понятными комментариями.

Пример недоступного сайта

Не используйте тэги таблиц для форматирования.
Это делает сайт недоступным для людей с ограничениями по зрению.

Контент страницы должен быть линейным.
Используйте CSS...

а

```
<head><title>Пример плохого форматирования</title></head>
<body><table>
<tr>
  <td colspan="2"><h1 style="text-align:center;">Пример недоступного сайта</h1></td></tr>
<tr>
  <td valign="top">Не используйте тэги таблиц для форматирования.</td>
  <td valign="top">Контент страницы должен быть линейным.</td>
</tr></table>
  <td valign="top">Это делает сайт недоступным для людей с ограничениями по зрению.</td>
  <td valign="top">Используйте CSS...</td>
</tr>
</table></body>
```

б
Рис. 1

Пример доступного сайта

Не используйте тэги таблиц для форматирования.	Контент страницы должен быть линейным.
Это делает сайт недоступным для людей с ограничениями по зрению.	Используйте CSS...

а

```
<head><title> Пример хорошего форматирования </title>
<STYLE type="text/css">
#LeftCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:auto; bottom:auto; left:10px;}
#RightCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:10px; bottom:auto; left:auto;}
</STYLE></head>
<body><h1 style="text-align: center;">Пример доступного сайта</h1>
<div id="LeftCol">
<p>Не используйте тэги таблиц для форматирования.</p>
<p>Это делает сайт недоступным для людей с ограничениями по зрению.</p>
</div>
<div id="RightCol">
<p>Контент страницы должен быть линейным.</p>
<p>Используйте CSS...</p>
</div></body>
```

б

Рис. 2

Рассмотрим на примере, к чему приводит некорректное использование изображений.

На рис. 3а показан результат отображения страницы. Визуально она воспринимается нормально, но система чтения с экрана озвучит следующее: "Пример плохого форматирования. Старайтесь избегать использования изображений в контенте. Если в контенте присутствует изображение, сопровождайте его текстом замещения. Статистика использования браузеров. Изображение: информация с сайта Студии Лебедева". Очевидно, что для людей

с ограниченными возможностями по зрению данная страница недоступна, поскольку потеряна важная информация.

Как видно из рис. 3 б, причиной исчезновения заголовка и диаграммы использования браузеров послужило некорректное использование изображений. В первом случае изображение используется для представления текста, что является грубым нарушением спецификаций W3C (см. [1]), и не содержит текста замещения. Во втором случае атрибут alt не является описанием изображения, а указывает на его источник.

Пример недоступного сайта

Старайтесь избегать использования изображений в контенте.	Статистика использования браузеров								
Если в контенте присутствует изображение, сопровождайте его текстом замещения	<table border="0"> <tr> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Internet Explorer</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Mozilla (Gecko)</td> <td>9,3</td> </tr> <tr> <td>Прочие</td> <td>10,6</td> </tr> </table>		%	Internet Explorer	80	Mozilla (Gecko)	9,3	Прочие	10,6
	%								
Internet Explorer	80								
Mozilla (Gecko)	9,3								
Прочие	10,6								

а

```
<head><title>Пример плохого форматирования</title>
<STYLE type="text/css">
#LeftCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:auto; bottom:auto; left:10px;}
#RightCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:10px; bottom:auto; left:auto; text-align:center;}
</STYLE></head>
<body>
<center></center>
<div id="LeftCol">
<p>Старайтесь избегать использования изображений в контенте.</p>
<p>Если в контенте присутствует изображение, сопровождайте его текстом замещения.</p>
</div>
<div id="RightCol">
<p>Статистика использования браузеров</p>
<p></p>
</div>
</body>
```

б

Рис. 3

```

<head>
<title>Пример хорошего форматирования</title>
<STYLE type="text/css">
#LeftCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:auto; bottom:auto; left:10px;}
#RightCol {position:fixed; width:48 %; height:auto; right:10px; bottom:auto; left:auto; text-align:center;}
</STYLE>
</head>
<body>
<center><h1>Пример доступного сайта</h1></center>
<div id="LeftCol">
<p>Старайтесь избегать использования изображений в контенте.</p>
<p>Если в контенте присутствует изображение, сопровождайте его текстом замещения</p>
</div>
<div id="RightCol">
<p>Статистика использования браузеров</p><p></p>
<p><i>Информация с сайта Студии Лебедева</i></p>
</div>
</body>
</html>

```

Рис. 4

Рассмотрим, как правильно сверстать страницу из предыдущего примера. На рис. 4 приведен корректный HTML код.

Система чтения с экрана озвучит данную страницу следующим образом: *"Страница содержит один заголовок и ни одной ссылки. Пример хорошего форматирования. Заголовок первого уровня: Пример доступного сайта. Старайтесь избегать использования изображений в контенте. Если в контенте присутствует изображение, сопровождайте его текстом замещения Статистика использования браузеров. Изображение Internet Explorer восемьдесят процентов; Mozilla левая скобка Gecko правая скобка девять и три десятых процента; Прочие десять и шесть десятых процента. Информация с сайта Студии Ле-*

бедева".

В данной статье рассмотрена лишь малая часть распространенных проблем, возникающих при разработке сайтов доступных людям с ограничениями по зрению. Однако применение приведенных рекомендаций существенно повысит уровень доступности порталов дистанционного обучения.

Более о проблемах доступности сайтов людям с ограниченными возможностями можно прочесть на сайте консорциума W3C в разделе "Web Accessibility Initiative (WAI)" – <http://www.w3.org/WAI/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Web Accessibility Initiative – <http://www.w3.org/WAI/>

УДК 004.032.26

Л. Г. Комарцова, Ю. Ю. Воеводин ЛОКАЛЬНАЯ МЕТАПОИСКОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ

МГТУ им. Баумана, Москва (komlg@bmstu-kaluga.ru)

В статье предложен подход к поиску релевантной информации в сети Интернет на основе нейросетевых технологий, показавший свою эффективность не только для адаптивной подстройки рангов поисковых систем, но и для адаптивной автоматизации настроек поисковых запросов с учетом интересов каждого обучаемого, работающего в среде автоматизированной системы обучения.

Ключевые слова: автоматизированные системы обучения, поисковые машины, ранжирование документов, нейронная сеть.

L. G. Komartsova, J. J. Voevodin LOCAL METASEARCH SYSTEM FOR INCREASE OF A LEARNING EFFICIENCY

In clause the approach to search of the relevant information in a network the Internet on the basis of neuronet technologies, shown the efficiency not only for adaptive fine tuning ranks of search systems, but also for adaptive automation adjustments of search inquiries in view interests of each trainee working in the environment of automated system for training is offered.

The automated systems for training, search machines, ranging of documents, neural network.

Информационная сеть Интернет является крупнейшим хранилищем разнообразной информации. Использование этой информации в

образовательном процессе оказывает существенное влияние на качественные характеристики подготовки будущих специалистов. Эффек-

тивность обучения в автоматизированных системах обучения (АОС) во многом определяется уровнем релевантности информации, получаемой из сети Интернет по сформированному обучаемым запросу.

Для поиска информации в Интернет применяются поисковые машины (ПМ). Поисковая машина представляет собой сложную систему, выполняющую следующие функции: анализ (индексацию) Интернет страниц, анализ запроса и поиск соответствующего запросу (релевантного) документа среди проанализированных, ранжирование (оценку) найденных документов с целью предъявления их пользователю в порядке убывания релевантности.

Как правило, большинство пользователей просматривает не более первых 15–20 документов предоставляемых поисковой системой. Поэтому крайне важно, чтобы в это число попали документы релевантные его запросу. Системы ранжирования различных поисковых систем могут значительно различаться. Например, поисковая система Яндекс для ранжирования документов использует следующую информацию:

- частотные характеристики: частота слова в базе; частота слова в документе; размер базы; размер документа;
- привилегированное положение слова в документе (например, заголовки) и/или наличие его в списке ключевых слов;
- присутствие слова в "авторитетных" ссылках на данный документ;
- "взвешенный индекс цитирования" документа;
- количество и ранг ("авторитетность") всех страниц сайта с этим словом.

Объединить достоинства нескольких систем позволяют метапоисковые системы. Обычно они не имеют собственных индексных баз данных, а перенаправляют запросы пользователей другим поисковым системам, в том числе метапоисковым. Подобные системы решают следующие задачи:

- обработка запроса пользователя с целью приведения его к оптимальной для поисковых систем форме. При этом возможно как приведение запроса к нормальной морфологической форме, так и расширение запроса путем добавления к нему наиболее распространенных морфологических форм термов запроса;
- отправка запросов в различные поисковые системы; при этом пользователю предлагается задать поисковую стратегию, то есть указать, в каких поисковых системах, по его мне-

нию, наиболее вероятно обнаружение релевантных документов;

- обработка результатов поиска, полученных от поисковых систем и приведение их к единому виду; многие системы на данном этапе осуществляют фильтрацию полученных ссылок, отсеивая ссылки на документы, которые пользователь считает нежелательными;
- кластеризация документов: некоторые поисковые системы производят разбиение документов на группы на основе их содержания;
- ранжирование итогового списка документов и предоставление его пользователю.

Каждая поисковая система выдает список найденных документов, отсортированным в порядке убывания релевантности. Списки документов, полученные от различных поисковых систем, могут пересекаться, один документ может быть найден несколькими системами. Метапоисковая система должна объединить эти списки и отсортировать их по релевантности. Релевантность при этом может оцениваться как независимо на основании анализа документов, так и на основе рангов, присвоенных данному документу в исходных поисковых системах.

В случае оценки на основе ранжирования поисковых систем возможно как прямое суммирование рангов, так и их взвешивание в зависимости от ранга самой поисковой системы. Ранг поисковой системы может оцениваться: самим обучаемым, преподавателями (несколькими наиболее квалифицированными пользователями), путем анализа оценок большого количества пользователей.

Однако интересы каждого пользователя индивидуальны. Существует группа пользователей, которых интересует специфическая информация, которая может быть найдена только в узкоспециализированных поисковых системах. При оценке ранга поисковой системы на основании усреднения оценок различных пользователей документы, полученные от таких систем, окажутся в конце списка, и могут оказаться непроанализированными пользователем. Поэтому необходима разработка метапоисковой системы, ориентированной на пользователя, которая позволит ему самостоятельно оценить ранг каждой из поисковых систем. Однако, к сожалению, большинство пользователей не обладают достаточной квалификацией для правильного распределения рангов поисковых систем. Кроме того, как правило, заранее неизвестно, какая из поисковых систем окажется более эффективной для конкретного запроса. Помимо этого, даже у одного пользователя круг интересов со временем может значительно

меняться. Поэтому целесообразно применение адаптивной системы, которая на основе пользовательской оценки полученных документов будет изменять ранг поисковых систем. Если пользователь оценивает документ как релевантный, то ранг всех поисковых систем, которые его предоставили должен быть увеличен. Если документ оценен как нерелевантный, поисковые системы, которые его выдвинули, наоборот штрафуются. Для обеспечения адаптивного изменения самих рангов, а также размеров штрафов и поощрений используется локальная нейросетевая метапоисковая система, которая является элементом АОС и устанавливается на клиентский компьютер каждого обучаемого.

Разработанная метапоисковая система способна перенаправлять поисковые запросы пользователей на следующие поисковые машины: Яндекс, Рамблер, Google, Mail.ru, Yahoo, Апорт, MSN, Altavista. На основе методики, разработанной в [1], и результатов, полученных в [2], создана нейросетевая база различных нейронных сетей (НС), которые встраиваются в обучающую систему. Для более полного учета предпочтений обучаемых в стандартном варианте используются два типа НС, которые моделируют различные типы памяти человека: кратковременную (НС-1), отражающую изменяющиеся в ходе обучения предпочтения, и долговременную (НС-2), учитывающую постоянные запросы клиентов.

На вход сетей подавались вектора, содержащие следующие компоненты: ранги поисковых систем, установленные пользователем (8 компонент), количество термов в запросе (1), количество символов в запросе (1), время суток (1), время обработки последнего запроса (1). Разработанные НС имеют следующие характеристики:

Топология: перцептрон (1-20-8слоев).

Обучение: градиентный метод.

Коэффициент обучаемости: 0.35.

Логистическая функция: суммирование.

Активационная функция: сигмоидная.

Обе нейронные сети обрабатывают входные данные и выдают обобщенные для данного пользователя оценки ранга поисковых систем. Общий ранг вычисляется как среднее арифметическое рангов, полученных от каждой из сетей. Поисковый запрос, сформированный учащимся, подаются в различные поисковые системы. Из результатов, полученных от различных поисковых систем, формируется список из 100 уникальных документов. Количество доку-

ментов от каждой системы, которое включено в данный список, пропорционально ее рангу, но не менее 3. На основании рангов, которые документ имеет в обнаружившей его поисковой системе, и ранга самой поисковой системы вычисляется ранг документа в итоговом списке. Если документ был найден несколькими поисковыми системами, то ранги, полученные от каждой из них, суммируются.

Пользователь производит анализ документов и оценивает их релевантность по 10-балльной шкале. На основе оценок пользователей и ранга систем производится расчет целевого вектора для обучения нейронных сетей. Все целевые вектора пользователя сохраняются и служат для обучения сети НС-2. Затем производится обучение нейронных сетей. При этом сеть НС-1 обучается с помощью последнего рассчитанного целевого вектора, а сеть НС-2 с помощью всей базы целевых векторов. Таким образом, сеть НС-1 обучается отражать кратковременные информационные потребности пользователя, а сеть НС-2 долговременные. Сеть НС-1 ориентирована на поощрение поисковых машин, предоставивших документы, релевантные последним нескольким запросам. Сеть НС-2 за счет обучения всей базой целевых векторов присвоит более высокий ранг системе предоставившей релевантные документы на протяжении всей работы данного пользователя.

В табл. 1 приведены итоговые распределения рангов поисковых систем для группы обучаемых в различных областях знаний. Из результатов видно, что в результате обучения нейронная сеть адаптируется к предпочтениям отдельных пользователей и системы, которые чаще других находят релевантные документы, имеют больший ранг, а системы, не предоставляющие оцененных документов или предоставляющие нерелевантные, – меньший. Часть систем (Яндекс и Google) были эффективны для большинства пользователей. А часть MSN, Yahoo система оценила как неудобные, возможно, это связано со слабой ориентацией данных систем на русскоязычную часть Интернета.

Распределение средних оценок найденных документов представлено на рис. 1. Из приведенного графика видно, что средняя оценка документов, даваемая различными пользователями в процессе эксплуатации системы, росла. Это позволяет считать, что применение нейронных сетей эффективно для адаптивной подстройки рангов поисковых систем.

Таблица 1

Итоговое распределение рангов поисковых систем

Пользователь	A	B	C	D	E	F	G	H
Кол-во запросов	18	23	59	144	156	189	203	438
Минимальная оценка	2	3	2	1	1	3	0	0
Средний бал	4.9	6.1	6.8	7.2	3.2	8.1	6.4	6.2
Максимальная оценка	10.00	10.00	8.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Среднее кол-во термов в запросе	3.46	2.16	3.12	2.89	2.76	2.44	2.21	2.56
Среднее кол-во термов в запросе	22.49	18.28	41.15	25.14	28.14	30.17	36.18	35.16
Среднее время	15.08	11.56	13:22	14.58	12.36	19.24	18:03	14:22
Яндекс	13.77	15.12	18.33	20.88	22.15	36.10	34.58	42.11
Рамблер	9.23	11.42	20.78	4.19	3.19	7.49	3.26	5.68
Google	8.67	11.24	22.45	13.64	18.96	25.23	48.12	14.23
Mail.ru	15.24	5.26	8.11	2.15	3.27	11.05	1.28	2.58
Yahoo	11.03	21.13	1.12	4.03	15.26	0.08	2.58	14.77
Апорт	22.06	15.22	0.15	38.99	21.05	0.33	4.26	5.89
MSN	19.75	10.59	11.03	8.12	6.24	5.16	3.88	2.39
Altavista	11.28	10.02	18.03	8.00	9.88	14.56	2.04	12.35



Рис. 1. Распределение средних оценок документов

Проведенное исследование показало, что предложенный подход к поиску релевантной

информации в сети Интернет на основе нейросетевых технологий является эффективным не только для адаптивной подстройки рангов поисковых систем, но и для адаптивной автоматизации настроек поисковых запросов с учетом интересов каждого обучаемого, работающего в среде АОС. Это позволяет сократить время поиска необходимой информации и повысить эффективность обучения в АОС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комарцова Л. Г., Максимов А. В. Нейрокомпьютеры. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2004. – 400 с.
2. Комарцова Л. Г., Воеводин Ю. Ю. Исследование комбинированных алгоритмов обучения нейронной сети для решения задач классификации // Сб. научных трудов III Межд. научно-практ. сем. "Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте". – М.: Физматлит. – 2005. – С. 306–308.

УДК 004.942

Е. Г. Крушель, А. Э. Панфилов, В. Г. Семенов

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ-СИСТЕМОТЕХНИКОВ ОСНОВАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСОИУ

Камышинский технологический институт ВолгГТУ (helen@kti.ru, pansanya@atricom.ru, semenov_vitaly@mail.ru)

Данная статья посвящена проблеме освоения студентами навыков проектирования АСОИУ. Предложена оригинальная методика обучения с компьютерной поддержкой в виде имитационных производственных комплексов. Приведены аннотации пяти виртуальных исследовательских комплексов и описания заложенных в них интриг для создания АСУ.

Ключевые слова: методика обучения проектированию АСОИУ, виртуальный производственный комплекс, библиотека виртуальных технологических объектов.

E. G. Krushel, A. E. Panfilov, V. G. Semenov

COMPUTER SUPPORT FOR TEACHING STUDENTS THE BASICS OF DESIGNING SYSTEMS ANALYSTS ASOIU

This article deals with the problem of development of student skills ASOIU design. An original method of training in computer support in the form of simulated clusters. There are five virtual annotations research complex joint, and descriptions set forth in these plots for the creation of ACS.

Teaching methodology ASOIU design, virtual manufacturing complex, a library of virtual technology facilities.

При подготовке инженеров по специальности "Автоматизированные системы обработки инфор-

мации и управления", по-видимому, для преподавателя нет более трудной дисциплины, чем "Осно-

вы проектирования АСОИУ". Причины – принципиальные трудности формализации процесса проектирования, связанные с неопределенностями целей, формальных критериев и ограничений.

Наибольшие трудности вызывает самая творческая часть работы по проектированию – формулирование задач автоматизации и определение степени охвата технологических и производственных процессов контуром автоматизации.

Преподавание большинства предметов общепрофессионального и специального циклов в технических вузах построено по схеме "метод – задача": излагается научный подход, изучается методика, построенная на его базе, затем приводятся примеры инженерных задач, для решения которых эта методика эффективна. Опыт решения инженерных проблем проектирования по "обратной" схеме ("задача – метод") осваивается студентами недостаточно.

Мы думаем, что единственным подходом к подготовке студентов в вопросах проектирования АСОИУ является имитация обстановки, в которой происходит разработка конкретного проекта, на основе последовательного ознакомления студентов с задачами обследования объекта, с выявлением потребности в автоматизации ряда задач, с обоснованием эффекта от автоматизации, с выбором идеи и алгоритмов управления.

Предлагаемая методика проектирования АСОИУ, в основном, следует общепринятой (изучение объекта автоматизации – формирование целей автоматизации – выработка идей по достижению целей – их начальный технико-экономический анализ – формализация – выбор методов решения частных задач автоматизации – решение задач – моделирование – анализ результатов – при необходимости корректировка предшествующих этапов), но она дополнена рядом положений:

1) Наличие содержательной постановки задачи, т.е. описание технологического объекта с понятными студентам целями автоматизации. Работа с содержательными, а не абстрактными задачами лучше усваиваются в процессе обучения. Имитируется ознакомление разработчика АСОИУ с объектом, осуществляемое заказчиком, который, являясь специалистом в предметной области, может дать разъяснения по существу заказа только с позиций технолога и/или экономиста, непривычных для специалистов по АСОИУ;

2) Предоставление студенту информации об объекте большей, чем того требует автоматизация. Это позволяет сымитировать реальную производственную обстановку, в которой студент самостоятельно попытается определить, какие технологические данные следует использовать в АСОИУ, а какие нет, т.е. определить состав функций, подлежащих включению в контур автоматизации;

3) Наличие виртуальной среды, имитирующей работу производственного комплекса, посредством которого можно производить моделирование и оценку показателей качества разработанной АСОИУ;

4) Выбор объектов автоматизации с нетривиальными (неочевидными) решениями, позволяющих показать будущему инженеру-системотехнику различные пути решения автоматизации.

Для освоения студентами приемов выработки технических, информационных и алгоритмических решений нами разработаны виртуальные производственные комплексы, имитирующие работу технологических объектов (процессов). В ходе изучения дисциплины "Проектирование АСОИУ" и ряда поддерживающих ее специальных дисциплин ("Алгоритмическое обеспечение АСОИУ", "Локальные системы управления", "Обработка экспериментальной информации", "Специальные главы кибернетики") имитируется погружение студента в обстановку, требующую принятия концептуальных решений. Такие решения относятся к выбору цели и критериев АСОИУ, формированию функциональной структуры, нахождению источников экономических и технологических эффектов, учету ограничению производственного, экономического и экологического характера (т. е. к комплексу вопросов, охватываемому документами "Технико-экономическое обоснование" и "Техническое задание").

Сведения о библиотеке виртуальных технологических объектов:

1. Процесс помола цемента в шаровой мельнице;
2. Технологические процессы водозабора и водораспределения в рассредоточенной гидрометрической системе (ГМС);
3. Водозаборный узел со стохастическим источником воды;
4. Экологический мониторинг работы нефтебазы;
5. Управление микроклиматом в теплицах.

Базой для нашей разработки является собственный (как позитивный, так и негативный) опыт проектирования систем автоматизированного управления технологическими процессами на реальных производствах в составе проектных и исследовательских групп.

Выбор данных технологических объектов определяется тем, что они охватывают большинство разновидностей технологических процессов: распределенные – сосредоточенные, дискретные – непрерывные, стохастические – детерминированные, линейные – нелинейные.

Ниже приводятся аннотации пяти виртуальных исследовательских комплексов и описания заложенных в них интриг для создания АСУ.

1. Процесс помола цемента в шаровой мельнице. Студентам предлагается возможность работы с моделью, имитирующую процесс помола цемента с тонкостью не ниже заданной в условиях, когда текущий контроль состояния технологического процесса возможен только по косвенным показателям (уровню шума, измеряемого вблизи внешней поверхности мельницы). Интрига, разрешение которой позволяет студентам сформировать цель автоматизации: требования гарантировать величину фракций цемента не выше заданной крупности приводит к работе мельницы с пониженной производительностью. В ходе практического занятия удастся поставить студентов в условия, при которых формируется логическая цепь: "повысить прибыль предприятия → обнаружить, что цех помола цемента ограничивает производительность завода → исследовать график значений тонкости помола в системе без автоматизации → обнаружить, что производительность мельницы можно повысить, если снизить дисперсию размеров фракций цемента → сформулировать критерий автоматизации: *увеличение производительности мельницы за счет снижения дисперсии тонкости помола цемента*".

Опыт преподавания показывает, что после осознания цели автоматизации дальнейшая работа над проектом принципиальных трудностей не вызывает.

2. Технологические процессы водозабора и водораспределения в гидромелиоративной системе (ГМС). Данная виртуальная среда была впервые разработана в [1] и усовершенствована нами. Модель ГМС имитирует взаимосвязанную сеть из каналов, емкостей, естественных стохастических источников водоподдачи и водорегулирующих сооружений. Интрига, положенная в основу сценария разработки проекта: потребители, закупающие воду у ГМС, имеют существенные различия в системе оплаты и соответственно различные приоритеты при распределении воды. Логическая цепь, ведущая к структуризации задачи проектирования: "повысить прибыль ГМС → обнаружить, что штрафы за недоподачу воды по сравнению с предусмотренной договором у потребителей разной подчиненности отличаются многократно → обнаружить, что подача воды сверх предусмотренной договором у ряда потребителей не оплачивается, а у других оплачивается частично → сформулировать критерий автоматизации: *повышение прибыли ГМС за счет управления запасами воды в резервных емкостях на основе оперативного планирования подачи потребителям и прогноза поступления воды*". Такая логическая цепь сразу позволяет сформировать перечень функциональных задач АСУ, что и является результатом структуризации задачи проектирования.

Для повышения интереса студентов к работе был разработан интерфейс объекта и средств управления на базе SCADA-системы.

3. Комплекс водорегулирующих сооружений, входящих в систему водозабора из горной реки (бассейн-отстойник наносов, отводящий канал оросительной системы, аварийный сброс паводковых расходов воды многопролетное водорегулирующее сооружение). Интрига, положенная в основу сценария проекта: план подачи воды в оросительный канал не полностью согласуется с притоком воды по реке (имеют место как интенсивные паводки, так и периоды временного дефицита). Логическая цепь, ведущая к структуризации задачи проектирования: "повысить прибыль от эксплуатации гидроузла → обнаружить, что потери прибыли возникают из-за отклонений размеров подачи воды в отводящий канал от договорной → найти причину отклонений, связанную с временным дефицитом воды в реке → обнаружить возможности смягчения дефицита за счет управления запасами воды в бассейне → сформулировать критерий автоматизации: *повышение прибыли от эксплуатации гидроузла за счет управления запасами воды в бассейне на основе прогноза поступления воды*".

На примере данного объекта удастся привести примеры эффективной декомпозиции общей задачи управления, координации частных задач, алгоритмизации в терминах логического ситуационного управления.

4. Резервуарный парк нефтебазы. На примере проектирования системы управления процессом налива нефтепродуктов в резервуары рассматриваются современные вопросы, связанные с учетом экологических требований к работе предприятия [2]. Интрига, положенная в основу сценария проекта: выбросы углеводородов, периодически возникающие при заполнении резервуаров, ограничиваются предельно допустимыми значениями, рассчитанными для предприятия из условий обеспечения экологической безопасности. Соблюдение этих условий вызывает необходимость 10-кратного снижения производительности оборудования, осуществляющего налив нефтепродуктов, что приводит к экономическим потерям.

Логическая цепь, ведущая к структуризации задачи проектирования: "повысить прибыль нефтебазы при одновременном выполнении экологических требований → снизить штрафы за сверхнормативной простой железнодорожных составов-поставщиков нефтепродуктов → уменьшить объем выбросов в атмосферу → сформулировать критерий автоматизации: *обеспечить номинальную производительность наливного оборудования при отсутствии выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу за счет перехода к управле-*

нию группой резервуаров с режимами "включение-пауза" для каждого из них".

В ходе работы студенты осваивают возможности выполнения экологических требований при одновременном улучшении экономических показателей.

5. Управление микроклиматом в теплицах. Рассматривается регулирование и управление основными технологическими процессами поддержания нужных показателей микроклимата теплице. Интрига, положенная в основу сценария: управление двумя взаимосвязанными параметрами микроклимата (внутренней температурой воздуха и влажностью воздуха теплицы). Актуальность управлением микроклиматом в теплице объясняется высоким энергопотреблением объекта, возможности снижения которого обеспечиваются интеграцией задачи управления микроклиматом с общесистемной задачей автоматизации энергопотребления, в частности тепло- и газопотребления.

Логическая цепь, ведущая к структуризации задачи проектирования: "повысить прибыль от эксплуатации теплицы → уменьшить затраты на энергопотребление → увеличить объем производимой продукции → сформулировать критерий автоматизации: *повышение прибыли от эксплуатации теплицы за счет управления микроклиматом на основе прогноза поведения окружающей среды*".

Все перечисленные виртуальные средства внедрены в учебный процесс в Камышинском технологическом институте (филиал Волгоградского государственного технического университета). Предложенная методика была использована при разработке сценариев практических занятий по дисциплине "Проектирование АСОИУ", темой которых было обсуждение идей междис-

циплинарного курсового проекта каждого студента (особенно в вопросах выявления источников экономических эффектов АСОИУ). Сценарии практических работ построены по методу мозговой атаки, позволяющему вовлечь в обсуждение практически всю учебную группу. Это позволило ознакомить каждого студента не только с приведенными выше примерами технологических объектов и идеями их автоматизации, но и с большим количеством технологических объектов, проекты автоматизации которых разрабатываются студентами по индивидуальным заданиям.

Результаты использования предлагаемой методики проявляются в повышении качества выполнения дипломных проектов студентами-системотехниками.

Перспективой разработки является не только расширение библиотеки виртуальных технологических объектов, но и создание подхода, позволяющего проводить автоматизированный выбор (в идеале – синтез) виртуальных объектов, которые обладают набором свойств и особенностей, позволяющих преподавателю дисциплины "Проектирование АСОИУ" научить студентов преодолевать принципиальные трудности формализации процесса проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рычкова А. В., Крушель Е. Г. Модель сложного производственного комплекса для изучения цикла дисциплин, связанных с проектированием автоматизированных систем. – "Математика. Компьютер. Образование". Сборник научных трудов, выпуск 8, часть 1. – под ред. Ризниченко Г. Ю. – М., Прогресс-Традиция, 2001, с. 211–216.
2. Крушель Е. Г., Марченко В.А. Использование моделей расчета рассеивания вредных веществ в атмосфере в оперативном управлении технологическими процессами. – 10-я международная конференция "Математика. Экономика. Образование". Тезисы докладов, – Издательство СИБ, Ростов-на-Дону, 2002, с. 193.

УДК 681.51

Э. Е. Кудряшова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ НА НЕЙРОСЕТИ

Волгоградский государственный технический университет (ela42@bk.ru)

В условиях постоянного изменения социально-экономической ситуации необходимо прогнозирование рынка недвижимости. Разработана автоматизированная система, позволяющая проводить прогнозирование развития рынка недвижимости с использованием нейросетевой модели.

Ключевые слова: нейросетевая модель, прогнозирование, недвижимость.

E. E. Kudryashova

PREDICTION OF DYNAMICS OF REALTY MARKET DEVELOPMENT USING NEURONET APPROACH

Prediction of dynamics of realty market development is essential in condition continuously changing socio-economic situation. Computer-aided system allowing forecasting dynamics of realty market development based on neuronet model was developed.

Neuronet model, prediction, realty.

Разработана автоматизированная система "Оценка недвижимости на нейромодели", которая предоставляет пользователю возможность изучения методик оценки недвижимости тремя методами: затратным, доходным и методом сравнитель-

ного анализа продаж, и анализа оценки недвижимости на нейромодели.

Проведен анализ оценки недвижимости города Волгограда на конец 2006 года, основанный на моделировании на искусственных нейронных се-

тях. Исследовался прогнозный показатель потребности в жилых домах за год. Оценка проводилась с использованием ППП "Deductor" – пакета прикладных программ для моделирования на нейронных сетях, который интегрируется с разработанной автоматизированной системой "Оценка недвижимости на нейромодели". За основу данных для обучающей выборки взяты статистические данные из сайта федеральной службы государственной статистики с 1995 по 2004 год, представленные в табл. 1. В качестве входной информации использовались показатели:

средний коэффициент роста стоимости квартиры за год;

средняя стоимость аренды участка земли (руб. за 100 кв. метров);

средняя величина затрат на возведение жилого фонда (тыс. руб. за кв. метр);

ввод жилых домов (млн. кв. м. в год).

В качестве выходной информации анализировался показатель потребности в жилых домах за год (условно). За единицу измерения потребности в жилых домах принят минимальный объем жилой площади на одного человека.

Подключаемый макрос BG_ExportToDeductor.xls к таблице со статистическими данными Microsoft Excel позволил экспортировать данные в Neural Analyzer 3.0 – один из модулей пакета Deductor. Данные из табл. 1 являются обучающей выборкой и делятся в процентном соотношении: 70 % – для обучения, 30 % – для тестирования.

Работа с модулем Neural Analyzer может производиться в двух направлениях. Первое – практическое использование уже созданной и

обученной нейросети. Оно заключается в формировании и подаче на вход сети рабочего множества, результаты обработки которого сетью представляются в виде таблицы и, при необходимости, могут быть экспортированы в другое приложение для дальнейшей обработки или сохранены в виде файла. Второе направление заключается в создании и обучении новой нейросети. Оценка результатов обучения может быть произведена на основе статистических характеристик значений выходов сети и соответствующих графиков.

Эффективной моделью нейронных сетей для решения задач прогнозирования является "многослойный перцептрон". Был выбран алгоритм обучения Back Propagation (метод обратного распространения ошибки), а также функция сигмоида. При обучении нейронных сетей алгоритмом обратного распространения ошибки нейросеть способна произвести наиболее вероятный прогноз при условии, что обучающая выборка является точной и достаточно объемной для обучения. Для обучения нейронной сети было указано 7 нейронов во входном слое, 4 нейрона – в скрытом слое. Условия остановки обучения – при достижении минимальной ошибки 0,0005 (количество эпох обучения 10000).

Нейронную сеть можно считать обученной, если результаты совпадают или близки по значению с данными из тестовой выборки, в таком случае есть основания доверять выходным прогнозам нейросети. В противном случае нейросеть следует переобучить, изменив настройки и методы обучения.

Таблица 1

Статистические данные

Тип выборки	№ п.п	Год/полугодие	Средняя стоимость аренды участка земли	Затраты на возведение (тыс. руб.)	Ввод жилых домов (млн. кв м. в год)	Кoeff. изменения стоимости квартиры	Потребность в жилых домах (условно)
Обучающая выборка	1	1995/1	200	12100	41	110,3	7698
	2	1995/2	203	12230	41	110,3	7473
	3	1996/1	206	12360	34,3	110,8	7248
	4	1996/2	209	12490	34,3	110,8	7004
	5	1997/1	212	12620	32,7	111,3	6760
	6	1997/2	215	12750	32,7	111,3	6523
	7	1998/1	218	12880	30,7	120,6	6286
	8	1998/2	221	13010	30,7	120,6	6084
	9	1999/1	224	13140	32	112,4	5882
	10	1999/2	227	13270	32	112,4	5650
	11	2000/1	230	13400	30,3	106,2	5419
	12	2000/2	233	13530	30,3	106,2	5138
	13	2001/1	236	13660	31,7	118,9	4857
	14	2001/2	239	13790	31,7	118,9	4642
Тестовая	15	2002/1	242	13920	33,8	122,9	4428
	16	2002/2	245	14050	33,8	122,9	4428
	17	2003/1	248	14180	36,4	117,3	4429
	18	2003/2	251	14310	36,4	117,3	4304
	19	2004/1	254	14440	41	118,9	4180
	20	2004/2	257	14570	41	118,9	4100

При анализе первого полугодия 2006 года получены данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Данные по второму полугодю 2006 года

Средняя стоимость аренды участка земли	Затраты на возведение жилого фонда	Ввод жилых домов	Кoeff. изменения стоимости квартиры
261	15180	39	119.8

Были проанализированы три известных методики оценки собственности: затратный подход; подход сравнительного анализа продаж; доходный подход.

Для сравнительного анализа результатов прогнозирования, полученных в ПП

Deductor и в ПП NeuroSolutions, выбран затратный подход, в котором рассматриваются показатели: полная восстановительная стоимость, руб.; стоимость замещения 1 куб. м. в ценах 1969 г., руб.; объем строительства, куб. м.; поправочный коэф. к ценам текущего года; текущая стоимость 1 кв. м. недвижимости, руб.; физический износ, %; функциональный износ, %; внешний износ, %.

После проведения эксперимента в ПП Deductor получен результат "Текущая стоимость", показан на рис. 1.

Поле	Значение
объем объекта нед.	19589,39
стоимость замеще	9,3
поправочный коэф	65,62
прибыль предприн	15
физический износ	48
функциональный	8,7
внешний износ	27,4
Текущая стоимость	7148933,72928852

Рис. 1

Для решения задачи аппроксимации с помощью Neuro Solutions для обучения нейронной сети была выбрана выборка, состоящая из 7 входов. Входную информацию необходимо расположить в текстовом файле с расширением *.asc.

Число примеров, подаваемых на вход нейронной сети, и степень формализации информации влияет на точность и скорость обучения нейронной сети. Для соединения слоев нейросети использованы полносвязные связи. Из имеющихся методов выбран градиентный метод нахождения минимума функции ошибки. После необходимых настроек построения сети в пакете Neuro Solutions эксперимент проводится автоматически, показано на рис. 2.

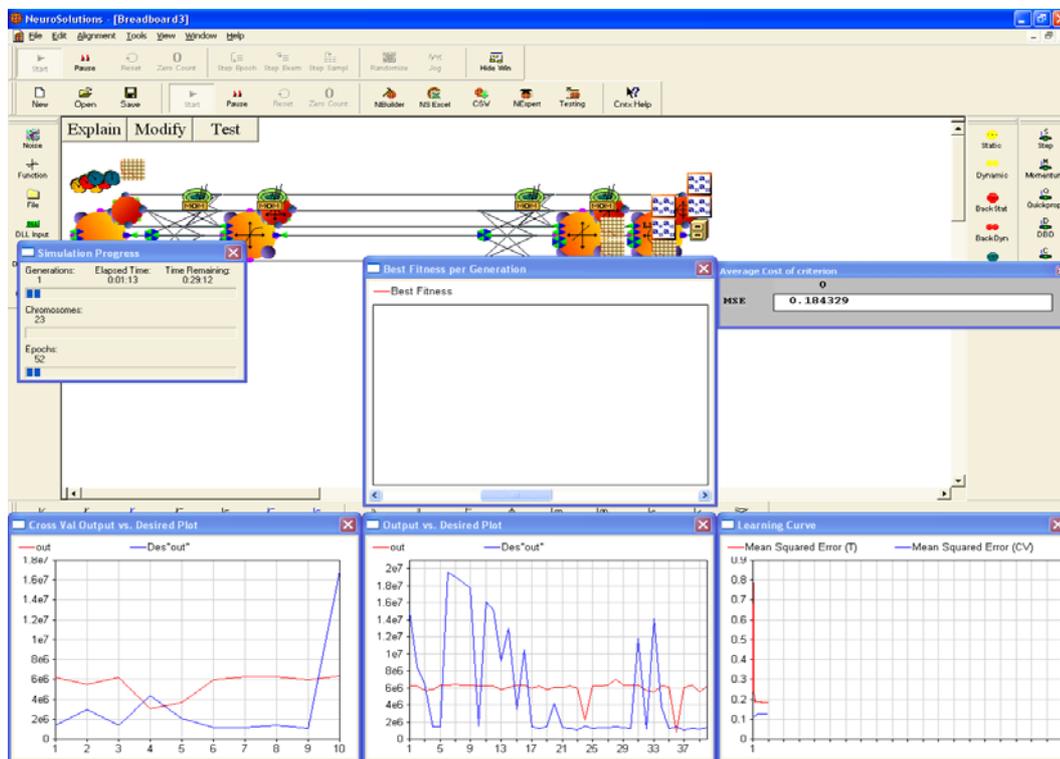


Рис. 2

Выводы

В результате построения нейронной сети для задачи прогнозирования динамики развития рынка недвижимости в системах Neural Analyzer и NeuroSolutions пришли к выводу, что в системе Neural Analyzer полученный результат обучения нейросети точнее; недостатком работы в NeuroSolutions является необхо-

димость использования только целочисленные значения входных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левадная Н. Рынок недвижимости в Российской Федерации // Инвест- курьер. – М.: 1996 г.
2. Хамин Д., Юрков Д. Рынок недвижимости глазами риэлторов // Экономика и жизнь, № 3, 1997 г.
3. Официальный сайт федеральной службы государственной статистики / <http://www.gks.ru>

УДК 378.1

Т. М. Петрова

ТЕХНОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ К РЕАЛИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ

Волгоградский государственный педагогический университет (modest@interdacom.ru)

Одной из важнейших задач в современном образовании становится задача подготовки и переподготовки педагогических кадров. Была разработана концепция подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике.

Ключевые слова: дистанционное обучение, информационные технологии, образование.

T. M. Petrova

TECHNOLOGICAL AND METHODOLOGICAL TRAINING OF DISTANCE LEARNING TEACHERS IN COMPUTER SCIENCE

One of the most important problems in modern education is teachers training. A concept of distance learning teachers training was developed.

Distance learning, information technologies, education.

Федеральная концепция о создании и развитии единой системы дистанционного образования в России определила возможность удовлетворения возрастающих потребностей образовательной практики в использовании дистанционных технологий обучения информатике, которая ограничена возможностями современных образовательных учреждений и неготовностью современных педагогов к этому, и состоит в пересмотре концептуальной системы взглядов на подготовку будущего учителя информатике в педагогическом вузе в условиях становления дистанционного образования и информационного общества. Достижение этой цели связано с изменением ориентиров и приоритетов образования в новых информационных условиях: уточнение целей образования, его мотивов и смыслов, трансформация содержания образования, выявление специфики деятельности обучаемого и обучающего в условиях использования компьютера и информационных технологий в образовании и т. д. В связи с этим одной из важнейших задач в современном образовании становится задача подготовки и переподготовки педагогических кадров, способных использовать в образовательной проблеме новейшие информационные технологии и имеющих высокий уровень информационной культуры.

Исходя из потребностей современного образовательной практики, нами была разработана

концепция подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике, в которой отражена полифункциональностью структуры компонентный состав подготовки (мотивационный, когнитивный, операциональный, профессионально-педагогический компоненты), а также динамический характер процесса.

Источниками данной концепции выступают теория становления дистанционного образования, основы теории и методики обучения информатике (целевой, содержательный и процессуальный аспекты), теория формирования готовности к профессиональной деятельности.

Основными факторами концепции являются интеграционные процессы в науке, культуре и образовании; информатизация образования, особое место информатики и информационных технологий в современном мире, образовании; открытое образование; личностная ориентация образования и другие тенденции современного этапа развития образования. Исходными идеями концепции являются как сложно динамический характер процессов консультирования и реализации дистанционного обучения информатике, так и целостность процесса формирования готовности будущего учителя к реализации ситуаций консультирования в дистанционном обучении информатике.

В основу концепции положены следующие принципы: методологические (системности,

непрерывности, целенаправленности); конкретизирующие и уточняющие методологические (гуманизации, целостности, фундаментальности, синергетичности, вариативности); предметно-содержательные принципы (универсальности, интегративности, цикличности и итерационности, систематичности и последовательности); общие принципы отбора содержания (связи теории и практики, научности, субъектности познающего сознания и др.); частнодидактические принципы (генерализации, адекватности, фундаментальности и прикладной направленности).

Основываясь на концептуальных положениях теории подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике, было сконструировано и экспериментально апробировано технологическое обеспечение процесса подготовки специалиста в педвузе.

В процессе подготовки мы выделяем три этапа: общеподготовительный (результат: знание основ психологии и теории обучения; технологий дистанционного обучения информатике; владение основными операциями информационной деятельности), профессионально-ориентирующий (результат: знание теоретических основ реализации ситуаций консультирования в дистанционном обучении информатике, методов дистанционного обучения информатике, способов реализации ситуаций консультирования при дистанционном обучении информатике; понимание ограниченности собственных возможностей в осуществлении дистанционного обучения информатике; сформированность личностных качеств креативности, коммуникабельности, гуманного отношения к ученику, толерантности); профессионально-специализирующий (результат: сформированность собственной позиции и стиля реализации дистанционного обучения информатике, креативности, коммуникабельности, толерантности, мобильности, гибкости и адаптивности, сформированности методического опыта реализации дистанционного обучения информатике).

Учебно-методическое обеспечение процесса подготовки специалиста рассматривает как описание будущей педагогической системы, которое представлено в форме различных методических документов: планов, программ, учебных пособий, методик и т. д. Совокупность всех компонентов учебно-методического обеспечения образует учебно-методический комплекс – как совокупность учебного материала, методических указаний, библиотеки курсов и статистических данных об обучаемых. В состав учебных материалов включены теоретические сведения, наборы задач и проблемные ситуа-

ции, описание алгоритмов решения учебных задач, также методические указания, выполненные в виде традиционных печатных пособий, программ управляющих модулей соответствующих автоматизированных учебных курсов; статистические данные по обучаемым (сведения о регистрации, результаты всех видов контроля).

Основные компоненты учебно-методического комплекса: 1) учебник, который определяет содержание обучения и систему работы обучаемых при овладении знаниями; 2) опорный конспект, в котором закодировано основное содержание подлежащего изучению учебного материала, показаны существенные взаимосвязи отдельных тем, который предназначен для активизации познавательной деятельности обучаемых, интенсификации учения путем создания благоприятных условий для эффективного протекания психологических процессов восприятия, памяти и мышления; 3) печатные раздаточные материалы – это тиражированные и выдаваемые каждому обучаемому носители учебной информации, предназначенные для эффективного решения определенных дидактических задач (различные задания, бланки программного и текстового контроля, справочник и нормативные материалы, ситуационные материалы, используемые при проведении деловых игр и т. д.); 4) задания и материалы для выполнения лабораторного практикума; 5) аудио- и видеоматериалы по изучаемому предмету; 6) учебные теле- и радиопрограммы; 7) контрольные задания для оценки результатов самостоятельной работы обучаемых. Такой учебно-методический комплекс дисциплины предполагает использование технических средств учебной деятельности и, в первую очередь, компьютерных и телекоммуникационных средств.

Основываясь на положении деятельностно-личностного подхода в современной педагогической психологии, определяет необходимость построения учебно-методического комплекса дисциплины в виде иерархической структуры. В качестве основных элементов выделены: 1) комплекс средств раскрытия цели изучения данной дисциплины, роли и значения специальных знаний и умений; 2) дидактическое средство помощи обучаемых в их общей ориентировке в материале и методах работы по данной дисциплине; 3) комплект пособий – руководств, раскрывающих для обучающихся логику, научное содержание, методы исследования и типовые решения, характерные для каждого из разделов курса. Такая структура учебно-методического комплекса дисциплины нацеливает обучаемого на самоорганизацию учебной

деятельности, предоставляет ему информационную базу процесса самоуправления учебной деятельности, но не учитывает особенности применяемых современных технологий обучения и специфику компьютерных и телекоммуникационных средств учебной деятельности.

На основании анализа исследований в этой области определен состав технологического методического обеспечения процесса подготовки в педагогическом вузе будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике. Технологическое методическое обеспечение процесса подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике включает в себя четыре группы: группа 1 – технологическое методическое обеспечение процесса целого образования; группа 2 – технологическое методическое обеспечение процесса выбора содержания, методов, форм средств обучения; группа 3 – технологическое методическое обеспечение мониторинга; группа 4 – технологическое методическое обеспечение управления учебным процессом в вузе.

Учитывая задачи каждой группы и структуры учебно-методического комплекса дисциплин описанные в ранее выполненных исследованиях, определен состав группы технологического методического обеспечения.

Группа 1. Технологическое методическое обеспечение процесса целого образования включает: ориентировочную основу по формулированию целей; схему целого образования; примерный перечень целей; систему операций над целями и т. п.

Группа 2. Технологическое методическое обеспечение процесса выбора содержания, методов, форм и средств обучения включает: схему определения инструментария для осуществления выбора; информационный банк технологического инструментария; систему ограничителей на применение технологического оснащения; схему согласования проектировочных процедур между собой и т. п.

Группа 3. Технологическое методическое обеспечение мониторинга включает: систему диагностических методик по проверке процесса и результатов целого образования; описание методов и средств формирования готовности будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике; методику отслеживания развития методической системы подготовки в педвузе будущих учителей к реализации дистанционного обучения информатике; систему измерителей; методику математической обработки результатов мониторинга; методику обобщения результатов и получения информации для принятия управленческих решений и т. п.

Группа 4. Технологическое методическое обеспечение управления включает: нормы управленческих решений; технологические схемы организации управления учебным процессом в педвузе; ориентировочные основы принятия управленческих решений в типовых ситуациях реализации дистанционного обучения информатике; диагностическую методику по оценке эффективности управленческого решения и т. п.

Использование в современной образовательной практике технологий дистанционного обучения существенно изменило идеологию методического обеспечения учебного процесса, предопределило тенденцию создания учебно-методического и технологического методического обеспечения в электронном виде, которое должно удовлетворять требованию системности, многофункциональности, систематичности и последовательности в обучении, адаптируемости, развития, интегрируемости, технической мобильности.

Учебно-методическое обеспечение (учебники, учебные пособия для учащихся, методические пособия, рекомендации для преподавателя и т. д.) в комплексе со средствами обучения, функционирующими на базе информационных технологий способствует активному информационному взаимодействию между преподавателем и обучаемым в рамках определенной технологии обучения. При этом происходит расширение базовых составляющих учебно-методического комплекса дисциплины: бумажные носители (учебник, учебное пособие, методические рекомендации и т. д.) дополняются CD, видео-, аудио-кассетами, средой Интернет. Использование технологий дистанционного обучения при разработке учебно-методического комплекса дисциплины также требует особого внимания к установлению взаимосвязей между учебными модулями. Установление таких структурно-логических связей является основанием разработки интегрированных курсов, включающих основной учебник, подробное руководство по изучению курса (методическое указание по изучению курса и обеспечивающие навигацию по всем основным и дополнительным материалам), практические задания, встроенную систему тестирования.

В ходе опытно-экспериментальной работы было установлено, что технологическое методическое обеспечение изменяется от этапа к этапу процесса формирования подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике, некоторые составляющие могут исключаться и добавляться новые, но негласно присутствует требование наличия обеспечения подготовки в педвузе будущего учителя к реализации дистанционного обучения информати-

ке и мониторинга формирования подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике; изменения больше всего затрагивают обеспечение содержательного компонента методической системы подготовки в педвузе педагога к консультированию в дистанционном обучении, которое в основном пополняется обеспечением курсов по выбору и процесса освоения консультационной и информационной деятельности.

Работа с технологическим обеспечением процесса подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике весьма специфична, поэтому возникает необходи-

мость в методических рекомендациях по его выбору и применению. Методические рекомендации предъявляются либо в форме эвристик, либо предписаний исполнителю. Наиболее удобная форма работы с такими методическими рекомендациями – это использование базы данных. Методические рекомендации подразделяются на общие, связанные с процессом подготовки будущего учителя к реализации дистанционного обучения информатике и специальные, связанные с процессом педагогической поддержки и мониторинга процесса формирования готовности будущего учителя к реализации ситуаций консультирования в дистанционном обучении информатике.

УДК 378.147

А. Н. Савкин, Д. Е. Декатов, Е. А. Захаров, А. В. Крохалев

**РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ
В ВОЛГОГРАДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Волгоградский государственный технический университет (tfpic@vstu.ru)

Рассматриваются вопросы применения дистанционных технологий для повышения качества заочного обучения.
Ключевые слова: дистанционные технологии, электронные учебно-методические комплексы, ИНТЕРНЕТ – сайт.

A. Savkin, D. Dekatov, E. Zaharov, A. Krohalev

**REALIZATION OF REMOTE TECHNOLOGIES FOR PERFECTION OF PROCESS
OF CORRESPONDENCE COURSE AT THE VOLGOGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

Questions of application of remote technologies for improvement of quality of correspondence course are considered.
Remote technologies, electronic education-methodical complexes, the INTERNET-site.

В настоящее время существуют тенденции к широкому распространению дистанционных технологий в сфере высшего образования, при этом уровень развития программно-технических средств и информационных технологий позволяет обеспечить удовлетворение потребности в дистанционной поддержке образовательного процесса. Так, более 70 % Российских вузов применяют в той или иной степени дистанционные технологии, и во многих из них, в частности в Московском государственном университете экономики, статистики и информатики, Современной государственной академии и др., реализован весь комплекс достижений в данной области. Эти вузы совместно используют сетевые, кейс и ТВ – технологии для передачи учебной информации, организации семинарских занятий и аттестации студентов в дистанционном режиме. Важно также отметить, что, наряду с гуманитарными и естественно – научными дисциплинами, на новых принципах выстраиваются и сугубо технические, требующие интенсивного лабораторного практикума.

Весьма актуальным представляется использование данных технологий в системе заочного обучения, что обусловлено целым рядом про-

блем и специфических черт этой формы обучения. В частности, объем аудиторных занятий на заочной форме обучения существенно меньше, чем на дневном обучении и, как следствие, недостаточно высокий уровень и качество знаний студента – заочника по сравнению со студентами очной формы обучения.

Другой проблемой заочного обучения является невозможность полноценного общения преподавателя со студентами в межсессионный период. Более локальной, но весьма существенной проблемой также является получение комплекса заданий и методических материалов по изучаемым дисциплинам. Важнейшей проблемой для любой заочной формы обучения являются вопросы оперативного получения организационной информации – приказов, распоряжений, расписаний занятий, графиков переэкзаменовок и т. д. [1].

Наличие очень серьезного международного и отечественного опыта дистанционного обучения, а также мощных программных систем по созданию дистанционных курсов, тем не менее, существует потребность в исследованиях конкретной для рассматриваемого вуза системы обучения и реализации содержания и от-

части формы образовательных информационных ресурсов с учетом специфики данного процесса обучения.

Для заочного отделения Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ) в качестве общей была выдвинута цель поэтапной модернизации организационного и образовательного процесса на базе дистанционных технологий, которая должна непрерывно реализовываться в течении 5 – 10 лет, с учетом ограничений на финансовые и кадровые ресурсы, которые могут быть задействованы для ее достижений, а также технические возможности вычислительной техники и средств коммуникации.

Для этого был проведен анализ сложившейся системы информационного взаимодействия между студентами, деканатом и преподавателями факультета. Были определены основные типы учебной и организационной информации, формируемые в рамках учебного процесса на заочном отделении, объемы этой информации, а также субъекты и потребители соответствующих информационных единиц. В результате была построена информационная модель, систематизировано отражающая все процессы, связанные с подготовкой, хранением, представлением и передачей организационной и образовательной информации [2]. В рамках данной модели, традиционным формам информационных ресурсов были поставлены в соответствие возможные современные варианты их реализации на базе дистанционных технологий. Так, например, традиционные лекции могут быть реализованы в виде гипертекстового документа, который может распространяться на компакт – дисках или размещаться на ИНТЕРНЕТ сайте, возможна их реализация в рамках комплексной обучающей программы, написанной на специализированном языке программирования, кроме того, возможно создание виртуальных лекций, которые записываются в видео формате и распространяются на компакт – дисках, либо транслируются по телевизионным спутниковым каналам. Помимо этого, данная модель включала качественные оценки потребности студентов в каждом виде информационных ресурсов и трудоемкости создания каждого варианта ресурса. На основе информационной модели было осуществлено ранжирование основных видов информационных ресурсов с точки зрения трех основных критериев: максимальная полезность для студентов заочного отделения, возможность наискорейшего ввода в эксплуатацию, простота технической реализации и распространения среди студентов – пользователей.

Данные цели предполагалось достичь при ограничениях, обусловленных наличием финансовых средств, необходимых для стимулирования разработки необходимых материалов, закупки обучающих программных систем, установки необходимого оборудования, степенью готовности преподавателей заочного отделения осуществлять разработку соответствующих информационных ресурсов, а также техническими возможностями большинства студентов приобретать и изучать соответствующую информацию.

В порядке убывания по важности, с точки зрения потребностей студентов, можно выделить следующие варианты информационных ресурсов поддержки учебного процесса: методические указания к изучению курса и выполнению контрольных заданий с текстами контрольных заданий и контрольными вопросами для самопроверки; программные системы самотестирования, виртуальные лабораторно- практические курсы, лекционные курсы, электронные учебники, виртуальные семинары и консультации.

На рассматриваемом начальном этапе внедрения системы информационной поддержки заочного обучения, как удовлетворяющие поставленным целям и ограничениям, для реализации были выбраны электронные варианты методических указаний и программные системы самотестирования. Также было принято решение о создании ИНТЕРНЕТ – сайтов заочного отделения ВолгГТУ для Волгограда и представительств. По окончании реализации перечисленных информационных ресурсов, которая осуществляется и на настоящий момент, будет необходимо определить новые виды информации для перевода на дистанционные принципы. При этом, на следующем этапе предполагается ориентироваться на те же критерии и ограничения, которые были определены на начальном этапе.

В рамках решения задачи внедрения дистанционных технологий в образовательный процесс, была предложена структура мероприятий, необходимых для их реализации, которая предусматривая использование кейс технологий и сетевых технологий, предполагает возможность получения, в случае необходимости доступа к учебно-методическим и организационным ресурсам факультета через соответствующие узлы (рис. 1).

Информационная система поддержки процесса заочного обучения призвана обеспечить максимально широкую коммуникацию между студентами и преподавателями, студентами и деканатом, преподавателями и деканатом, выполняющим роль координационного центра разработок.

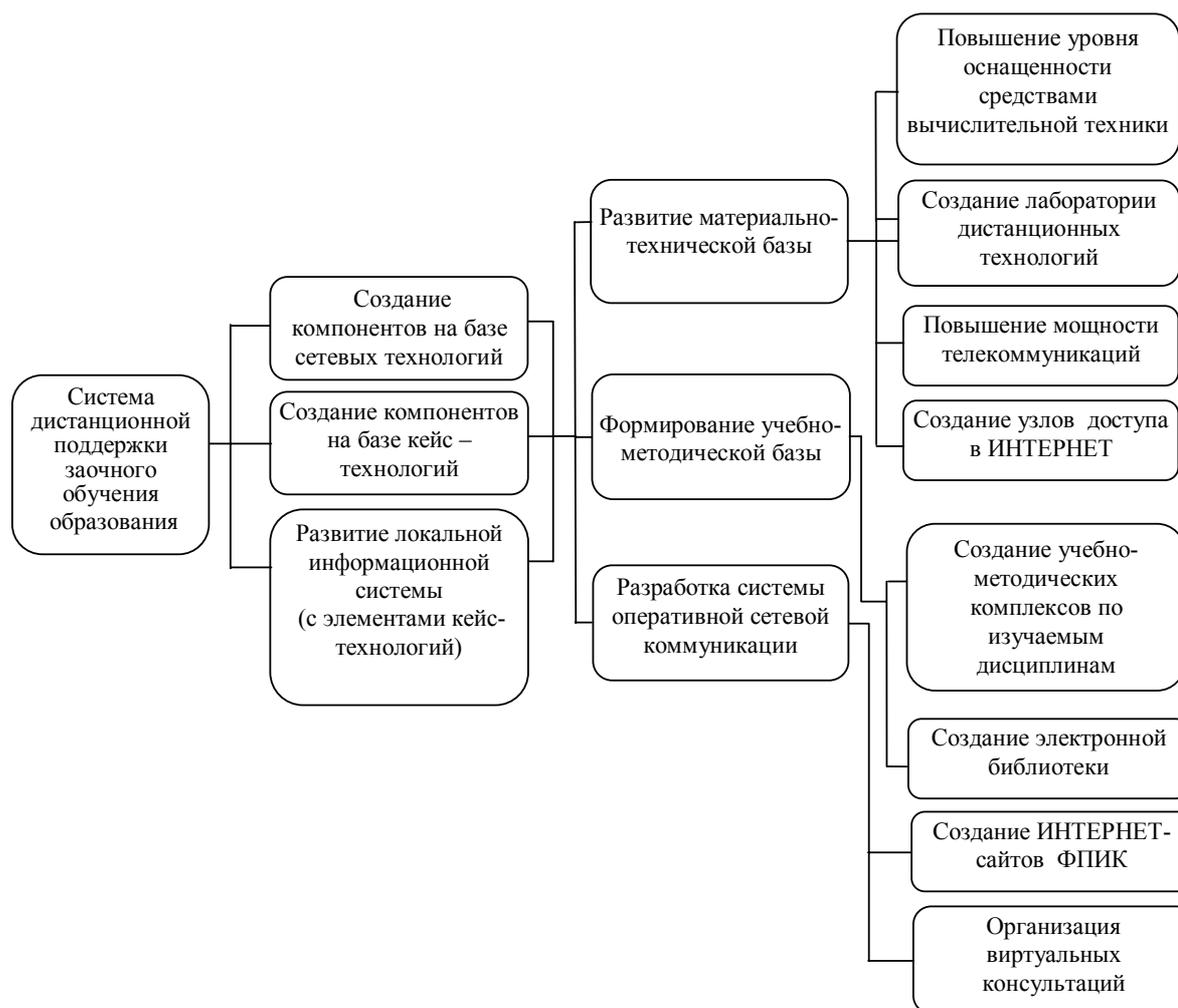


Рис. 1

Центральное место в процессе разработки такой системы заняло формирование электронного фонда, структура которого в конечном итоге должна принять вид, представленный на рис. 2. В нем предусмотрена концентрация материалов, относящихся к учебно-методическому комплексу факультета [2], а также модернизируемой адекватно ходу учебного процесса оперативной организационной информации. Наиболее динамичным и территориально – независимым способом представления организационной информации, являются ИНТЕРНЕТ-сайты, реализующие, в частности, функции электронных досок объявлений, содержащих информацию о расписании консультационных и сессионных занятий, данные о переэкзаменовках, приказы, распоряжения и т. д. и обеспечивающие возможность организации консультаций, в том числе в on-line режиме.

Большое значение имеют сайты и в представлении учебно-методической информации.

Исключительную роль в обеспечении большими объемами образовательных ресурсов, в перспективе и мультимедийных, должна сыграть кейс-технология поддержки процесса обучения, предусматривающая создание комплексов материалов по специальностям и курсам на электронных носителях. Возможность студентов непосредственно работать с ресурсами электронного фонда, в том числе сетевыми, обеспечивается поддерживается за счет создания в корпусе ВолгГТУ комплекса рабочих мест. На настоящий момент накоплено значительное количество (порядка 65 % от требуемого числа) методических материалов по дисциплинам, изучаемым на различных отделениях ФПИК. Создан общефакультетский сайт, сайты представительств, сайт сокращенного и второго высшего образования по специальности "Экономика и управления на предприятии". Помимо этого, ведутся регулярные консультации по организационным вопросам по электронной почте.



Рис. 2

Таким образом, изучение существующего опыта реализации дистанционных технологий и анализ сложившегося на заочном отделении ВолгГТУ характера образовательного процесса позволило построить информационную модель данного процесса, на основе которой приняты решения, связанные с определением порядка реализации информационных ресурсов на базе дистанционных технологий; намечены и частично осуществлены соответствующие этим решениям мероприятия в области организационно – технического обеспечения разработок. Определены основные перспективы и, в общем, оценен возможный эффект от внедрения дистанционных технологий в образовательный процесс на заочном отделении ВолгГТУ.

С точки зрения практической ценности, созданные информационные ресурсы позволили повысить качество освоения студентами учебных курсов, для которых реализована дистанционная поддержка, за счет своевременного обеспечения их необходимой информацией,

что позволило в значительной степени снять традиционные проблемы, присущие заочной форме обучения. Распространение с использованием ИНТЕРНЕТ – сайтов и компакт дисков организационной информации безусловно привело к экономии времени и усилий как работников деканата, так и студентов, участвующих в процессе заочного обучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савкин А. Н., Декатов Д. Е., Захаров Е. А., Крохалев А. В. Разработка компонентов информационного обеспечения для организационной и методической поддержки учебного процесса на заочном и заочно-сокращенном отделении ВолгГТУ // Материалы международной конференции "Информационные технологии в образовании, технике и медицине", г. Волгоград, 2004 г.
2. Савкин А.Н., Декатов Д. Е. Информационно-поисковая система по контрольным заданиям для обеспечения дистанционного образования // Основное высшее и дополнительное образование: проблемы дидактики и лингвистики. Сб. науч. Трудов, Волгоград. Гос. Техн. Ун-т. – Волгоград, 2002. – Вып.2. – с. 17-21.

УДК 378.6

*Н. П. Садовникова***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ
"ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ"**

Волгоградский государственный технический университет (nps@volgodom.ru)

В статье рассматривается проблема проектирования компьютерных деловых игр. Автором определены основные этапы создания сценария игры «Динамическое планирование производственной деятельности предприятия».

Ключевые слова: деловая игра, обучающая система, компьютерный практикум.

*N. P. Sadovnikova***DESIGNING OF AN INTERACTIVE COMPUTER BUSINESS GAME
«DYNAMIC PLANNING OF INDUSTRIAL ACTIVITY OF THE ENTERPRISE»**

It is considered in this article the problem designing computer business game. Author has defined the basic stages creations of the script of a business game «Dynamic planning of industrial activity of the enterprise».

Business game, learning system, computer practical.

Повышение эффективности подготовки специалистов на основе внедрения новых прогрессивных форм и методов обучения – важная задача, стоящая перед педагогами. Одним из эффективных методов подготовки квалифицированных кадров, получившим широкое распространение среди других форм обучения, являются деловые игры. Методики современных деловых игр позволяют рационально сочетать профессиональный интерес студентов к новым методам обучения, дух соперничества и коллективизма.

Учебные деловые игры могут применяться в производственных условиях для обучения работников, совершенствования их навыков в управлении, проверки квалификации или при выдвижении на новую должность. Исследовательские деловые игры помогают проверить новые принципы управления, прогнозировать результаты изменения технической политики, проверить новые программные средства АСУ, например системы управления базами данных и т. п.

На сегодняшний день, наиболее эффективным средством подготовки и проведения деловых игр является компьютер, который позволяет накапливать и хранить большие объемы данных, безошибочно, точно, наглядно предоставлять информацию, имитировать внешние воздействия и т. д. Особые перспективы имеют сетевые реализации деловых игр. Они могут использоваться в рамках стандартного обучения и при проектировании дистанционных курсов.

Метод компьютерных деловых игр широко распространен на Западе. Он является неотъемлемым элементом программ обучения в школах бизнеса, на факультетах экономической на-

правленности в университетах. Однако в России этот метод еще недостаточно развит.

Деловую игру можно определить как активный метод обучения, использующий имитацию реального изучаемого объекта для создания у обучаемых наиболее полного ощущения реальной деятельности в роли лица, принимающего решения [1].

Применение деловых игр в образовательном процессе обеспечивает:

- закрепление системы знаний и выработка умений по их практическому применению;
- обмен опытом в решении практических задач;
- совершенствование навыков принятия решений;
- развитие коммуникативных умений различного рода;
- развитие творческого мышления;
- выработка установки на практическое использование знаний;
- воспитание деловых качеств на основе игровых имитаций.

Методическую основу компьютерной деловой игры в учебном процессе составляют следующие положения:

1. В деловой игре применяется численный метод, позволяющий использовать вычислительные процедуры. Математические модели, описывающие технологические, организационные и другие процессы, в игровой имитации подвергаются численному исследованию и на его основе принимаются количественные решения.

2. Фактор времени, присутствующий и учитываемый в деловой игре, накладывает определенные условия на процесс и результаты игры. Изменение масштаба времени дает возмож-

ность сокращать до минут и часов длительность процессов, измеряемых в сутках, годах.

3. Деловая игра базируется на методе экспериментирования. Эксперимент, считающийся важнейшим инструментом исследований в физике, биологии и других естественных науках, становится возможным и при исследовании экономических, социальных и других явлений.

4. Наличие обратной связи в имитационной системе, благодаря многократному проигрыванию различных ситуаций, позволяет играющим, анализируя результаты, обучаться и в каждом последующем периоде принимать более эффективные решения.

5. Использование деловой игры в учебном процессе предполагает наличие в ней дидактических методов. В педагогике уже давно успешно используются дидактические принципы наглядности, активности, доступности, связи теории с практикой, научности, заинтересованности и другие. Каждая учебная деловая игра в той или иной мере реализует эти принципы в соответствующие дидактики.

В основе игры, как правило, лежит модель объекта, например производства, или, точнее, отражение такой модели в сфере управления. Участники игры в соответствии с целью своих действий, руководствуясь правилами и инструкциями ведения игры, а также имеющимися в их распоряжении данными обстановки, формируют свои частные модели игры. Эти модели включают формализованную и неформализованную части. Взаимосвязанная совокупность частных моделей играющих и модели руководителя образуют общую игровую модель, которая также включает в себя формализованную и неформализованную части. В соответствии со сценарием к участникам игры поступают вводные данные. Участники оценивают обстановку и принимают решения в соответствии со своими частными игровыми моделями. При этом они могут производить необходимые расчеты, используя формализованные элементы игровой модели. По совокупности формальных и неформальных моментов принимаются решения, которые вводятся в общую игровую модель. Руководитель оценивает решения играющих, устанавливает результаты и доводит их до сведения участников.

На примере проектирования деловой интерактивной игры "Динамическое планирование производственной деятельности предприятия" проанализируем основные особенности этого процесса.

Разработка игры начинается с определения ее темы и учебных целей. В теме должны быть отражены: характер деятельности, масштаб управления, состав инстанций и условия обстановки.

В нашем случае игра является инструментом подготовки управляющих кадров к принятию перспективных решений. В ходе игры имитируется ситуация в рамках которой необходимо спланировать деятельность предприятия на определенный период. Результат деятельности предприятия оценивается по суммарной величине критерия эффективности, достигнутой за весь период планирования. Задача состоит в том, чтобы найти такое распределение доходов, которое окажется оптимальным относительно избранного критерия. Подобное распределение доходов может представлять собой совокупность распределений, меняющихся в определенные моменты в зависимости от различных обстоятельств. Деловая игра позволяет "прожить" принятый период планирования на модели и найти оптимальную линию поведения. В игре принимают участие несколько команд, каждая во главе с директором.

В рамках проекта определяется общая исходная ситуация игры (особенности производственно-экономической системы, условия ее работы, подчиненность, смежники, экономический район и т. п.) и осуществляется разработка проспекта и сценария игры;

Проспект деловой игры включает в себя: название деловой игры и ее общие учебные цели; исходную обстановку с указанием состава и состояния производственно-экономических систем (или их элементов), определенная деятельность которых будет основой деловой игры; существо производственно-экономической ситуации и динамику ее изменения с обязательным уточнением элементов неопределенности и конфликта; основы составления общей и частных моделей игры, в том числе перечень основных производственно-экономических расчетов, которые необходимо будет производить ее участникам; состав участников и их роли; систему стимулирования; последовательность и сроки разработки материалов игры. Проспект игры является важнейшим документом, определяющим всю деятельность по ее разработке. На основе проспекта разрабатывается сценарий игры.

Сценарий деловой игры является основным документом для ее проведения. В процессе его

разработки анализируются производственно-экономические вопросы, экономико-математические методы, определяется содержание каждого эпизода игры, составляются тексты информационных сообщений, с помощью которых участники игры вводятся в производственно-экономическую обстановку.

В нашем случае сценарий может содержать следующую последовательность действий:

1. Участник игры подготавливает, используя предоставленные справочные данные (производственные возможности по выпуску основных видов продукции и их качеству, директивные значения контролируемых технико-экономических показателей, нормативы прямых затрат, цены единиц продукции по сортам и видам и т. д.) необходимую для принятия решений информацию;

2. Формируются модели "вложения – эффект", характеризующие приращения элементов вектора состояний в зависимости от величины инвестиций в мероприятия заранее заданного списка.

3. Задаёт исходный базовый вариант стратегии развития предприятия на весь период планирования.

4. Определяется конкретная модификация стратегии развития (состав фондообразующих показателей, нормативы отчислений за каждый из них в различные фонды и т. д.) Заданная в 1–3 информация должна быть достаточна для определения задачи оптимизации производственной программы всего периода планирования.

5. Формируется вектор начальных состояний по годам периода планирования.

6. Из банка моделей выбирается математическая модель задачи оптимизации производственной программы всего периода планирования при заданной исходной информации.

7. Решает задача нелинейного программирования, параметры которой определены при выполнении предыдущих пунктов, т. е. рассчитывается вариант производственной программы, максимизирующей суммарную за период планирования величину критерия эффективности.

8. Рассчитывается производственная программа текущего года (ограничения соответствующей задаче математического программирования те же, что и в п. 7). Данный пункт выполняется только в том случае, если принято окончательное решение относительно структуры и величины инвестиций текущего года и эффект от проведения соответствующих мероприятий учтен в параметрах модели (см. п. 6).

9. Участникам игры выдается информация о результатах выполнения п. 7 – программа (по годам периода планирования), результат выполнения п. 8 – программа текущего года, комплексы технико-экономических показателей, определяемые соответствующими вариантами программы, список "проблемных ситуаций". Данная информация позволяет играющим оценить суммарное значение фонда развития и в соответствии с этой оценкой принимать решения относительно производимых инвестиций и величины банковского кредита.

10. Участники игры анализируют предоставленные сведения, делают необходимые поправки, рассчитывают окончательный вариант программы развития и принимают окончательное решение относительно структуры и величины инвестиций.

При необходимой корректировке работа системы может повториться с любого года внутри интервала планирования.

На основе разработанного сценария создается программный комплекс, который является обучающей системой, позволяющей проводить тренинг студентов и специалистов. Система должна обеспечить выполнение следующих функций:

– Подготовка информации о деятельности виртуального предприятия.

– Расчет и анализ системы текущих и прогнозируемых показателей, оценивающих деятельность виртуального предприятия.

– Расчет оптимальной стратегии развития предприятия.

– Построение модели динамики функционирования предприятия.

– Анализ влияния тех или иных параметров экономики предприятия на эффективность его функционирования.

На базе проектируемого комплекса планируется создание компьютерного практикума. Практикум включает в себя деловую игру, учебные задания, методические материалы, тесты, модуль обработки полученных результатов и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов С. Н. Компьютерные деловые игры: Учебное пособие. – М.: Изд. дом Русанова, 1995. – 128 с.
2. Платов В. Я. Деловые игры: разработка, организация проведение. – М.: ИПО Профиздат, 1991.
3. Ломакин А. Л., Морошкин В. А. Компьютерные деловые игры по экономике и управлению. – М.: Инфра-М, 2004.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

УДК 004.78:025.4.036

А. М. Герасимов, П. А. Колчин, С. А. Фоменков
**СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПОИСКОВЫХ ЗАПРОСОВ К БАЗЕ ДАННЫХ
ПО ФИЗИЧЕСКИМ ЭФФЕКТАМ**

Волгоградский государственный технический университет
(alexander.gerasimov@gmail.com, pavel.kolchin@gmail.com, saf@vstu.ru)

Данная статья посвящена описанию автоматизированной поисковой системы по физическим эффектам, разработанной на кафедре «САПР и ПК» ВолгГТУ. Эта система сочетает в себе новые поисковые возможности и реализацию адаптивного подхода к взаимодействию с пользователем.

Ключевые слова: физический эффект, поиск, пользовательский интерфейс, адаптивность.

A. M. Gerasimov, P. A. Kolchin, S. A. Fomenkov
SEARCHING SYSTEM FOR PHYSICAL EFFECTS DATABASE

The object of this article is the description of a new searching system for physical effects developed at CAD department of the Volgograd State Technical University. The system contains a number of innovations related to search methods and human-computer interaction approaches.

Physical effect, search, user interface, adaptability.

Физические знания играют крайне важную роль как при проведении научных исследований в различных областях науки и техники (методики исследований, свойства различных классов объектов, реакция объектов на разнообразные физические воздействия и т. п.), так и в проектировании технических изделий и технологий (физика – ключ к "сильным", принципиально новым решениям во всех областях техники). Однако накопленный к настоящему времени объем знаний в области физических наук настолько рассредоточен в различных монографиях, научных статьях, справочниках и энциклопедиях, что является практически необозримым для специалистов конкретных предметных областей. Кроме того, во многих случаях форма представления физических знаний затрудняет их непосредственное использование для решения проектно-конструкторских и технологических задач. [1]

Для устранения этих недостатков были разработаны специальные базы данных – фонды физических эффектов (БД ФЭ), в которых физические знания представляются особым структурированным образом, обеспечивающим более удобный их поиск и использование.

К настоящему моменту известно несколько автоматизированных систем, обеспечивающих поиск и работу с физическими эффектами [1]. У каждой из этих систем есть свои достоинства и недостатки. Ряд существенных недостатков связан с неудобством и неэффективностью их пользовательского интерфейса и информационного обеспечения. Приведем наиболее заметные недостатки:

- 1) затруднения в освоении программ;
- 2) сложность формализации поискового запроса;
- 3) отсутствие у пользователя знаний о методологии поиска.

Для решения этих задач авторами настоящей работы создано и продолжает совершенствоваться программное приложение, обладающее эффективным пользовательским интерфейсом и механизмами помощи и обучения пользователей процессу формирования запросов на поиск физических эффектов.

Согласно [2, 3], можно выделить несколько важных характеристик, которыми должен обладать удобный интерфейс пользователя: простота, понятность, возможность индивидуальной настройки, эргономичный дизайн. Указанные характеристики являются руководящими принципами в процессе разработки описываемого программного продукта.

Разрабатываемое программное средство состоит из следующих функциональных подсистем:

- 1) эргономичные и удобные редакторы поисковых запросов;
- 2) поисковое ядро для получения информации из БД ФЭ;
- 3) подсистема адаптивности и обучения пользователя работе в программе;
- 4) советчик по вводу и коррекции поисковых запросов;
- 5) мастер формализации запроса на основе классификации типовых поисковых задач;
- 6) справочная подсистема, предоставляющая информационную поддержку пользователю.

Совокупность перечисленных блоков обеспечивает гибкую функциональность программного комплекса, позволяющую взаимодействовать с системой как опытным пользователям, так и новичкам. Новичок всегда сможет получить помощь и совет от интеллектуальных и справочных подсистем, а профессионалу предоставлена возможность настроить работу комплекса таким образом, чтобы эффективность его работы была максимальной.

Система формирования поисковых запросов может работать с различными формами описания физических эффектов. Для каждой формы описания существует специализированный тип запросов. Пользователь может ввести как отдельный запрос каждого типа и провести обособленный поиск только по нему, так и использовать логические комбинации разнотипных запросов. Это позволяет добиться большой гибкости в выборе результатов.

На данный момент существует возможность поиска физического эффекта по специальным словарям-тезаурусам, описывающим ФЭ с точки зрения входного, выходного воздействий и объекта; а также по текстовому описанию сущности ФЭ. Результаты этих элементарных поисков можно объединять, пересекать или исключать, пользуясь возможностями комплексного запроса.

Известно [1], что одним из основных затруднений при поиске ФЭ является высокая сложность формализации задачи пользователя на языке поисковых запросов. Для частичного решения указанной проблемы в рассматриваемом программном приложении разработан мастер-советчик по вводу и коррекции поисковых запросов, который учитывает ряд типовых задач и типичных ошибок пользователей. Советчик помогает точно сформулировать вопрос и правильно ввести его в систему поиска.

Важной составляющей эффективного интерфейса является возможность его индивидуальной настройки под каждого человека. Идеальный пользовательский интерфейс должен иметь возможность самостоятельно, без участия человека, подстраивать свое поведение под текущего пользователя, ориентируясь на его приоритеты и манеру работы. Это известный прием решения многих проблем, связанных с удобством интерфейсов, называемый адаптивностью [4].

В основе адаптивности лежат понятия о моделях пользователя, предметной области и сре-

ды взаимодействия [5]. Эти модели позволяют четко описать существенные объекты и их характеристики, необходимые для создания интеллектуального интерфейса пользователя.

В разрабатываемой системе формирования поисковых запросов внедрена базовая поддержка адаптивности, позволяющая повысить удобство работы с программой разным категориям пользователей. Так, например, новичкам данная подсистема помогает быстрее ознакомиться с программой, управляя видимостью на экране различных оконных элементов, снижая их плотность и объясняя их назначение. По мере того, как новичок становится опытным пользователем, адаптивная подсистема помогает повысить эффективность работы, предоставляя подсказки по процессу формирования запроса. Такое поведение достигается использованием знаний о процессе работы и инструментах формирования запросов. Кроме того, адаптивный интерфейс следит за действиями пользователя и оценивает его текущий опыт работы, формируя все свои рекомендации с учетом этих данных.

Логическая организация подсистемы адаптивности – трехзвенная. На первом слое производится первичная обработка информации о текущих действиях пользователя (щелчки мышью, работа в различных окнах). Затем формируется ряд конкурирующих советов. На последнем шаге выбираются наиболее адекватные и важные рекомендации, которые показываются пользователю или исполняются автоматически.

Согласно [6], электронная помощь пользователю является важной частью любой программной системы. Она может состоять из контекстной, объяснительной и обучающей информации. Помощь пользователю должна быть простой, эффективной и относящейся к делу, чтобы пользователь имел возможность получить ее.

Система формирования поисковых запросов работает с достаточно сложными для неподготовленного человека понятиями. Основную сложность представляют формальные описания ФЭ и способы использования программы для осуществления успешного поиска. Однако важной является также информация о различных областях физики и терминологии, с которыми работает система.

Для решения проблемы предоставления полной и качественной информации пользователю в процессе работы в программе была вы-

брана следующая организации справочной информации:

1) контекстная справка по основным оконным элементам: назначение и способ использования элемента;

2) ознакомительные примеры работы в системе: пример ввода запроса, примеры работы с каждой из основных подсистем;

3) справочная информация по каждой подсистеме: назначение и приемы работы;

4) общая информация о ФЭ и поисковых запросах: описание моделей описания, типов запросов и методологии поиска;

5) информация по разделам физики: терминология и основные законы.

Таким образом, разрабатываемая система формирования поисковых запросов к БД ФЭ позволяет организовать более эффективную и удобную работу любого пользователя в процессе поиска физического эффекта. Это достигается за счет устранения некоторых недостатков, прису-

щих предыдущим разработкам (сложность формализации запроса), и добавления новых возможностей (адаптивный интерфейс).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фоменков С. А.* Представление физических знаний в форме физических эффектов для автоматизированных систем обработки информации: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Волгоград, 2000. – 454 с.
2. *Головач В. В.* Дизайн пользовательского интерфейса // <http://www.uibook1.ru/uidesign1.pdf>. – 2003. – С. 1–146.
3. *Мандел Т.* Разработка пользовательского интерфейса: Пер с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 416 с.
4. *Benyon D. R.* Adaptive Systems: a solution to usability problems // <http://www.dcs.napier.ac.uk/~dbenyon/umuai.pdf>. – 1993. – С. 1-21.
5. *Герасимов А. М.* Разработка интерфейса пользователя: модели пользователей, предметной области и среды взаимодействия // Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения : сборник трудов седьмой Всероссийской научной конференции молодых ученых и аспирантов. – Таганрог: Таганрогский государственный радиотехнический университет, 2004.
6. Microsoft Corporation. The Windows Interface Guidelines for Software Design. – Redmond, WA: Microsoft Press, 1995.

УДК 658.512.22:535.4

С. В. Давыдова, Д. А. Давыдов, С. А. Фоменков

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ НА ПРИМЕРЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Волгоградский государственный технический университет (svd@vstu.ru, davydov@cad.vstu.ru, saf@vstu.ru)

В статье рассмотрены компоненты и принципы действия голографических запоминающих устройств, которые являются наиболее перспективными оптическими системами записи и хранения информации. Уделено особое внимание голограммам Фурье, применяемым в различных голографических запоминающих устройствах, в силу своих высоких информационных качеств. Показано, что трехмерная голография обладает высокими потенциальными возможностями для создания систем памяти наивысшей емкости.

Ключевые слова: оптическая память, голографические запоминающие устройства, принцип действия, объемная голограмма.

S. V. Davydova, D. A. Davydov, S. A. Fomenkov

OPTIC MEMORY SYSTEMS' STRUCTURE AND MECHANISM OF ACTION BY THE EXAMPLE OF HOLOGRAPHIC STORAGE DEVICES

The paper describes the components of the holographic storage devices and their mechanism of action. Holographic storage devices are the most perspective optic systems for recording and storing of data. Special attention is paid to Fourier holograms which are used in various holographic storage devices due to their high quality. The paper shows that holography has significant potential for creation of memory system with the highest capacity.

Optic memory, holographic storage devices, mechanism of action, volumetric hologram.

Введение

Увеличивающаяся потребность в системах хранения информации, обладающих высокими качествами, обращает наше внимание на оптические системы, в частности, на основе голографических элементов с большим объемом записанной информации и высокой скоростью доступа к данным. Следует отметить, что таким требованиям удовлетворяют голографические запоминающие устройства на основе объемных голограмм. Принципы голографии позволяют добиться высоких информационных свойств, в частности, большой емкости хранения дан-

ных, высокоскоростного записи/считывания, послонного хранения данных и надежности.

Основы голографического процесса

Оптическую память можно определить как данные, хранящиеся в оптической среде [1–6] и считываемые лазерным лучом. Оптическая память – это идеальное решение для хранения больших массивов информации. К оптической памяти можно отнести диски CD и DVD, двумерную и объемную голографическую память. Объемная голографическая память отличается от других видов оптической памяти тем, что

использует для хранения информации объемную записывающую среду, вместо плоской поверхности.

В основе голографии лежат два физических явления – дифракция и интерференция световых волн. Необходимым условием для регистрации в голографической среде интерференционной картины является использование когерентных волн, а, следовательно, применение лазерного излучения [7].

Основоположителем голографии является профессор государственного колледжа в Лондоне Деннис Габор [8, 9], получивший в 1947 году первую голограмму. Открытие голографии было им сделано в ходе экспериментов по увеличению разрешающей способности электронного микроскопа. Названием "голография" Д. Габор подчеркнул, что метод позволяет зарегистрировать полную информацию об исследуемом объекте. Д. Габор разъяснил сущность нового двухступенчатого процесса формирования изображений, который включает в себя:

фотографирование интерференционной картины, которая возникает, когда в дифракционном поле или поле предмета имеет место интерференция с опорным полем или фоновой волной. Эта ступень называется формированием, или записью;

освещение фотографического транспаранта (пленки) пучком света (когерентным монохроматическим или немонохроматическим) и получение изображения первоначального предмета. Эта ступень называется восстановлением.

В задачу голографии входит [2] регистрация не только распределения энергетической освещенности изображения, но и полного волнового поля в плоскости записи, которая даже в общем случае не является плоскостью изображения. Запись полного волнового поля означает регистрацию, как фазы, так и амплитуды. Амплитуду (или ее квадрат, пропорциональный освещенности) записать несложно, это можно сделать с помощью любого фотоматериала. Но не существует ни одного детектора, который мог бы измерить разности фаз между различными составляющими поля. Информацию об объекте несет не только амплитудная, но и фазовая структура поля, и, чтобы целиком записать волновое поле, необходимо зарегистрировать обе структуры. Д. Габор использовал опорную волну, которая преобразует разности фаз в разности интенсивностей. Таким образом, фаза оказывается закодированной в величине, которую можно записать на фотоматериале.

Необходимо еще раз подчеркнуть преимущества голографической памяти по сравнению

с существующими оптическими системами, это – очень высокая плотность записи информации, долгий срок хранения данных, надежность сохранности информации, устойчивость к механическим повреждениям, невосприимчивость к внешним воздействиям.

Среди множества факторов, которые ограничивают информационную емкость трехмерной голографической памяти, наиболее значимыми являются два: шумы рассеяния среды [8] и перекрестная помеха, возникающая при рассеянии считывающей световой волны решетками, для которых не выполняется условие фазового согласования, или фазового синхронизма [10]. Указанные факторы носят различный характер. Так, фактор, связанный с шумами рассеяния, относится к технологической сфере, и соответствующие ограничения информационной емкости могут быть уменьшены путем улучшения свойств материала для голографической среды. Другие ограничивающие информационную емкость факторы, такие как, абберации элементов оптической системы записи-считывания, шумы фотоприемника и другие, тесно связаны с технической реализацией.

Принципы действия голографической памяти

Двумерная голограмма, записываемая на светочувствительную поверхность носителя, может быть представлена как в аналоговой, так и в цифровой форме [1]. В первом случае это могут быть тексты, формулы, графические изображения, которые записываются на промежуточный носитель, например, рулонную фотопленку. Во втором случае первичная информация представляет собой многоуровневые числа в двоичном коде с числом разрядов порядка десятков или сотен. Эти числа, выражаемые определенной последовательностью электрических импульсов, предварительно с помощью несложного устройства также записываются на промежуточный носитель. Каждое многоуровневое число после этого будет представлено в виде набора светлых и темных пятнышек. Заполненный таким образом кадр называют транспарантом. Таким образом, первичная информация преобразуется к виду, удобному для голографирования. Далее вся информация вводится в основной носитель памяти, в простейшем случае – в фотопластинку с высокоразрешающей эмульсией, на которую записываются последовательно все голограммы всех транспарантов. При этом голограммы можно накладывать друг на друга (при этом следует изменять наклон опорной волны) или записывать их на отдельные небольшие участки. Оптимальным

является сочетание этих способов, ведь в первом случае надежность записи выше, так как используется вся площадь фотопластинки, а во втором случае меньше проявляются шумы и достигается более высокая плотность записи [1].

Начало изобразительной голографии было положено работами Эмметта Лейта и Юриса Упатниекса из Мичиганского Технологического Института (США), получившими в 1962 году первую объемную пропускающую голограмму, восстанавливаемую в лазерном свете. Схема записи голограмм, предложенная этими учеными, теперь используется во всех голографических лабораториях [2, 11–13].

В основу записи объемных голограмм положен дифракционный эффект Брэгга [1, 2, 14]: в результате интерференции волн, распространяющихся в толстослойной эмульсии, образуются плоскости, засвеченные светом большей интенсивности. После проявления голограммы на засвеченных плоскостях образуются слои почернения. В результате этого создаются так называемые брэгговские плоскости, которые обладают свойством частично отражать свет. В эмульсии создается трехмерная интерференционная картина. Такая толстослойная голограмма обеспечивает эффективное восстановление объектной волны при условии, что угол падения опорного пучка при записи и восстановлении останется неизменным. Не допускается также изменение длины волны света при восстановлении. Такая селективность объемной пропускающей голограммы позволяет записать на пластинке до нескольких десятков изображений, изменяя угол падения опорного пучка соответственно при записи и восстановлении [14].

При восстановлении объемной голограммы, в отличие от плоских пропускающих голограмм, образуется только одно изображение вследствие отражения от голограммы восстанавливаемого пучка только в одном направлении, определяемом углом Брэгга [7, 14].

Отражательные объемные голограммы записываются по иной схеме. Они были предложены Ю. Н. Денисюком в 1962 году, поэтому голограммы этого типа известны под именем их создателя [8, 15].

Опорный и предметный световые пучки образуются с помощью делителя и посредством зеркала направляются на пластину с двух сторон. Предметная волна освещает фотографическую пластину со стороны эмульсионного слоя, опорный – со стороны стеклянной подложки. Плоскости Брэгга в таких условиях записи располагаются почти параллельно плоскости фо-

топластины. Таким образом, толщина фотослоя может быть сравнительно небольшой.

Чем больше объем голограммы, тем лучше реализуются все ее свойства. Для того чтобы фотоэмульсию или любую регистрирующую среду можно было рассматривать как объемную голограмму, необходимо, чтобы расстояние между интерференционными полосами было значительно меньше толщины регистрирующего слоя. Объемная голограмма, в отличие от плоской или тонкослойной, восстанавливает только одно изображение – действительное или мнимое, в зависимости от того, с какой стороны освещает ее пучок света на стадии восстановления. Это положение следует рассматривать как основной критерий, с помощью которого можно классифицировать голограммы на плоские и объемные [11].

Американский исследователь ван Хирден предложил использовать уникальные возможности трехмерной голографии для создания оптической памяти с несравнимо большой емкостью [16]. По мнению ван Хирдена, сходство некоторых свойств голограммы, записанной на относительно большую глубину, и мозга подтверждает гипотезу английского физиолога Берля о том, что мозг хранит каждый бит информации не в одиночной пространственно-локализованной ячейке, а в виде одиночной пространственной гармонике возбуждения, заполняющей весь объем мозга [17]. Такой способ хранения информации имеет ряд достоинств. Например, в этом случае повреждение одного или нескольких участков мозга не вызывает полного исчезновения какой-либо части записанной в нем информации. Однако указанные выше свойства трехмерной голограммы, позволяющие моделировать некоторые функции головного мозга, пока не нашли практического применения из-за отсутствия светочувствительного материала, обладающего необходимыми качествами. Первоначально глубокие трехмерные голограммы пытались регистрировать на щелочно-галогенидных кристаллах [16, 18], а затем на кристаллах ниобата лития [19]. Но следует заметить, что в том и другом случае запись не фиксируется, поэтому при считывании голограммы записанная на ней информация быстро стирается под действием считывающего излучения.

Устройство голографической памяти

Кратко обратимся к классификации голограмм [2, 8, 14].

1) По глубине записи (по толщине) голограммы бывают двумерные (плоские) и трехмерные (объемные).

При рассмотрении плоских голограмм можно пренебречь эффектами, связанными с конечной толщиной. При регистрации интерференционных полос используется только поверхность регистрирующей среды. Математический аппарат, разработанный для традиционных (плоских) дифракционных решеток применим и для теоретического анализа двумерной голограммы. При восстановлении объектной волны для двумерной голограммы существует принципиальная возможность изменения масштаба изображения объекта путем соответствующего выбора параметров схемы и длины волны излучения при регистрации голограммы и ее считывании. Использование излучения различного спектрального состава при записи и восстановлении объектной волны дает возможность неdestructивного считывания двумерных голограмм и обеспечивает их широкое применение в качестве управляемых транспарантов в системах обработки информации.

При освещении объемных голограмм формируется только один дифракционный порядок (-1). Толстая голограмма получается в том случае, когда трехмерная интерференционная картина регистрируется и используется по всей глубине слоя среды. Именно использование объема регистрирующей среды позволяет восстанавливать только одно изображение вместо основного и сопряженного ему изображений. В настоящее время в зависимости от типа регистрирующей среды различают: тонкослойные трехмерные голограммы – статические трехмерные голограммы в средах толщиной порядка 10–20 мкм; объемные (глубокие, 3D) голограммы – статические трехмерные голограммы в средах толщиной порядка 1000 мкм и более; динамические трехмерные голограммы.

2) По регистрируемым параметрам объектной волны – голограммы делятся на амплитудные и фазовые.

Амплитуда и относительная фаза световой волны, идущей от объекта, изменяются определенным образом. Естественно, что и амплитуда, и фаза объектной волны сохраняются в голограмме. Однако, если фазовая или амплитудная информация устранились, мы имеем то, что соответственно называют голограммой амплитудной информации или голограммой фазовой информации.

3) По геометрии записи – голограммы Френеля, Фраунгофера и Фурье. Голограммы Френеля представляют собой фотографии интерференционной картины, наблюдающейся при интерференции поля дифракции Френеля (ближняя зона) и когерентного фона. Голограммы

Френеля – пропускающие, чаще всего используются при записи голограмм трехмерных диффузно рассеивающих объектов в изобразительной голографии и при голографическом неразрушающем контроле изделий [1, 2, 8, 14].

Голограммы Фраунгофера представляют собой фотографию интерференционной картины, возникающей при интерференции между полем дифракции в дальней зоне (или дифракции Фраунгофера) и когерентным фоном. Голограммы Фраунгофера – пропускающие, опорная волна является плоской. Схема записи голограммы Фраунгофера удобна для наблюдения и исследования частиц малых размеров.

Голограммы Фурье – пропускающие голограммы, полученные в результате взаимодействия двух когерентных волн, комплексные амплитуды которых в плоскости регистрирующей среды являются фурье-образами объекта и источника излучения, формирующего опорную волну.

Голограммы Фурье применяются в качестве пространственных фильтров для распознавания образов. Для записи голограмм Фурье используются двумерные (плоские) объекты (например, транспаранты), позволяющие производить строгое Фурье-преобразование.

Популярность использования голограмм Фурье в различных голографических запоминающих устройствах обусловлена, прежде всего, их высокой информационной емкостью и наличием меньших aberrаций (искажений оптических изображений), по сравнению с голограммами других типов. К тому же при восстановлении голограммы Фурье дают только действительное изображение, а не действительное и мнимое, как в других типах голограмм. Голограммы Фурье имеют более высокую разрешающую способность в силу своих особенностей (Фурье-преобразование объекта). Преобразование Фурье является необходимым или важным параметром для этого типа голограмм.

4) По свойствам используемых источников [2, 20–22] – когерентные и некогерентные голограммы.

5) По геометрии восстановления – пропускающая и отражательная голограмма. При регистрации пропускающей голограммы объектная и опорная волны падают на регистрирующую среду с одной стороны. При освещении пропускающей голограммы дифрагированная волна наблюдается в проходящем свете. При регистрации отражательной голограммы объектная и опорная волны падают на регистрирующую среду с противоположных сторон. При освещении отражательной голограммы дифрагированная волна наблюдается в отра-

женном свете. Отражательные голограммы широко применяются в изобразительной голографии, а для восстановления изображения используются источники со сплошным спектром излучения, такие как традиционные лампы накаливания и Солнце [12–16].

В качестве регистрирующего материала [2, 13, 18] используются фотографические эмульсии, термопластики, фотохромные материалы, задубленная дихромированная желатина, фоторезисты, фотополимеры, фоторефрактивные кристаллы; то есть любая среда, способная записать изображения, может применяться для регистрации голограммы. Наиболее перспективными в настоящий момент являются фоторезисты и фотополимеры, которые позволяют при толщине слоя в пределах микрометра регистрировать информацию в большом диапазоне световых волн с наибольшей плотностью записи.

В голографических запоминающих устройствах широко используются как твердотельные, так и газовые лазеры [20, 21], а в новейших технических решениях корпорации Optware (Япония) и компании In-Phase (США) началось использование ультрафиолетового He-Cd лазера [22] с длиной волны от 0,3250 до 0,4412 мкм, который может сфокусироваться на меньшей поверхности, что значительно повышает объем записываемой информации.

Заключение

В статье были рассмотрены компоненты и принципы действия голографических запоминающих устройств, которые являются наиболее перспективными оптическими системами записи и хранения информации. Уделено особое внимание голограммам Фурье, применяемых в различных голографических запоминающих устройствах, в силу своих высоких информационных качеств. Показано, что трехмерная голография обладает высокими потенциальными возможностями для создания систем памяти наивысшей емкости.

По результатам анализа и систематизации оптических систем памяти ведется работа по моделированию и автоматизации проектирования голографических запоминающих устройств. Основное внимание уделено моделированию принципов действия и оптимизации параметров трехмерной голографической памяти.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Микаэлян, А. Л. Оптические методы в информатике: запись, обработка и передача информации [Текст] / А. Л. Микаэлян. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. Литературы, 1990. – 232, [1] с.

2. Оптическая голография [Текст]: в 2 т. / Ж. Апрель, А. Арсено [и др.]; под ред. Г. Колфилда. – М.: Мир, 1982. – 816 с.

3. <http://www.memoryinformation.com>

4. <http://www-acad.sheridanc.on.ca>

5. <http://www.howstuffworks.com>

6. <http://www.oneoffcd.com>

7. <http://www.holography.ru>

8. Де Велис, Дж. Голография (теория и приложения) [Текст] / Дж. Де Велис, Дж. Рейнольдс. – М.: Воениздат, 1970. – 248 с.

9. Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст]: уч. пособие для вузов. в 5 т. Т. IV. Оптика. / Д. В. Сивухин. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. – 3-е изд. стереот. – 792 с.

10. Котов, В. Б. Влияние перекрестной помехи на емкость объемной голографической памяти [Текст] / В. Б. Котов, С. В. Политова (С. В. Давыдова) // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48. – № 12. – С. 1495-1504.

11. Gabor, D. Microscopy by reconstructed wave fronts [Текст] / D. Gabor // Proc. Roy. Soc. (London) – 1949. – V. A197 – P. 454.

12. Алексеенко, И. В. Изобразительная голография: проблемы и перспективы [Текст] / И. В. Алексеенко, Ю. Н. Выговский, В. С. Гуревич [и др.] // Байкальская молодежная научная школа. – 1999. – Режим доступа: <http://bsfp.iszf.irk.ru/bsfp1999/bsff2/bb02an2.php>

13. Кольтер, Р. Оптическая голография [Текст] / Р. Кольтер, К. Беркхарт, Л. Лин. – М.: Мир, 1973. – 686 с.

14. Андреева, О. В. Оптикоинформатика. Информационные возможности объемных голограмм [Текст]: учебно-методическое пособие / О. В. Андреева, В. Г. Беспалов, В. Н. Васильев, Е. Р. Гаврилук [и др.]; под ред. О. В. Андреевой. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. – 68 с.

15. Денисюк, Ю. Н. Об отображении оптических свойств объекта в волновом поле рассеянного им излучения [Текст] / Ю. Н. Денисюк // Оптика и спектроскопия. – 1965. – Т. 18. – С. 276.

16. Van Heerden, P. J. Theory of optical information storage in solids [Текст] / P. J. Van Heerden // Appl. Opt. – 1963. – V. 2. – № 4. – P. 393-400.

17. Gaylord, T. K. Self enhancement of Li NbO₃ holograms [Текст] / T. K. Gaylord, T. A. Rabson, F. K. Tittel, C. R. Quik // J. Appl. Phys. – 1973. – V. 44. – № 2. – P. 896-897.

18. Chen, S. F. Holographic storage in Lithium niobate [Текст] / S. F. Chen, J. T. La Maccia, D. B. Fraser // Appl. Phys. Lett. – 1968. – V. 13. – № 7. – P. 223.

19. Дашков, Г. И. Использование дисперсионной фоторефракции, обусловленной процессами с участием триплетных состояний, для регистрации фазовых трехмерных голограмм [Текст] / Г. И. Дашков, В. И. Суханов // Оптика и спектроскопия. – 1978. – Т. 44. – № 5. – С. 1008.

20. Грибковский, В. П. Удивительный мир лазеров [Текст] / В. П. Грибковский, Ю. И. Чекалинская. – Минск: Наука и техника, 1968. – 87 с.

21. Степанов, Б. И. Лазеры сегодня и завтра [Текст] / Б. И. Степанов. – Минск: Наука и техника, 1987. – 127 с.

22. Новоселов, Ю. Н. Ультрафиолетовый HeCd лазер с накачкой высокочастотным электронным пучком [Текст] / Ю. Н. Новоселов, В. В. Уварин // Письма в ЖТФ. – 1997. – Т. 23. – № 6. – С. 44-47.

УДК 681.5.01: 621.396

Ю. В. Кандырин, А. Е. Московский, Г. Л. Шкурина
**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ОЧЕРЕДЕЙ РЕМОНТОВ
 ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ОБЪЕКТОВ**

Московский Энергетический Институт (ТУ), "ФСК РАО ЕЭС", г. Москва,
 Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград (ywk@mail.ru, shgl@bk.ru)

В работе описаны методы формирования оптимальных очередей на ремонт с использованием объективных и адаптивных критериев без введения метрики (весовых коэффициентов) в пространство технических показателей качества объектов. Методика позволяет строить очереди на ремонт по характеристикам объектов с различной степенью информационной полноты.

Ключевые слова: построение очередей ремонтов. Критериальное ранжирование объектов. Неметрические критерии сравнения вариантов. Степень информированности эксперта.

Y. V. Kandyrin, A. E. Moskovsky, G. L. Shkurina
**TECHNIQUE OF CREATION OF OPTIMUM QUEUES OF REPAIRS
 ON CHARACTERISTICS OF OBJECTS**

The methods of creation of optimum queues of technical objects to repair with usage of objective and adaptive criteria without introduction of the metrics (weight coefficients) in the field of technical metrics of quality of objects are surveyed. This technique allows to build queues of technical objects to repair based on characteristics of objects with a different degree of information entirety.

Build-up of queues of repairs. Criteria ranking of objects. Not metric criteria of matching of variants. A degree of the expert knowledge.

Аннотация

В работе описаны методы формирования оптимальных очередей на ремонт энергетического оборудования с использованием объективных и адаптивных критериев без введения метрики (весовых коэффициентов) в пространство технических показателей качества объектов. Методика позволяет строить очереди на ремонт по техническим характеристикам оборудования с различной степенью информационной полноты.

По данным экспертов по состоянию на 2003–2007 гг. износ электроэнергетического оборудования ЭЭО практически по всей его номенклатуре составляет в среднем от 30 % до 50 %, и находится на грани обеспечения бесперебойной работы энергетических систем. В этой связи актуализируется задача разработки инвариантной, комплексной методологии *оптимального планирования ремонтов* ЭЭО. Вопросы обоснования планов вывода объектов в ремонт необходимо решать с применением многокритериального подхода по совокупности показателей качества и, прежде всего, текущей надежности, характеризующей состояние оборудования на данный момент времени. При этом окончательное назначение очередей должно учитывать и его значимость, а также взаимосвязи в системе, стоимостные характеристики, потери от простоя и стратегические последствия различного характера.

Методика формирования оптимальных очередей на ремонт энергетического оборудования должна быть адаптирована к уровню информированности персонала, осуществляющего планирование ремонтов и давать возможность ре-

шать оптимизационную задачу с возможностью ее уточнения по мере нарастания привлекаемой информации. Отсюда методика содержит несколько стратегий, рассчитанных на разный уровень осведомленности пользователей: *на слабо информированного пользователя; на пользователей, имеющих среднюю информированность; на достаточно информированных пользователей.*

I. Построение очереди на ремонт для слабо информированных ЛПП.

Определение 1. *Под слабой информированностью ЛПП будем понимать тот факт, что для рассматриваемых объектов, имеется возможность выделить набор информативных технических показателей качества, но нельзя достоверно установить приоритеты между ними.*

В этом случае для построения планов ремонтов при несравнимых и независимых показателях качества может использоваться критерий Парето (π -критерий) или критерий Слейтера (S -критерий). Эти критерии позволяют строить порядки альтернатив на основе выделения "л или S -слоев".

Рассмотрим задачу установления порядка на примере критерия Парето. Для этого все исходное множество объектов Ω , согласно π -критерию, разбивается на линейно упорядоченные Ω_π слои, задающие π -оптимальную структуру исходного множества, которая и закладывается в основу построения очереди на ремонт. При этом слои Парето Ω_π определяются индуктивно.

К *первому слою* $\Omega_{\pi 1}$ относятся все π_1 – оптимальные (концевые, неулучшаемые) альтернативы в подмножестве $\Omega_{\pi 1} = \max \Omega / R_k$, найденные из условия проведения бинарных

сравнений на полном множестве Ω по отношениям

$$R_k: \{ k_l(\omega_i) \leq k_l(\omega_j), i \neq j; \{\omega_i, \omega_j\} \subseteq \Omega; \forall i, j = \{1, M\}; \forall l = \{1, N\} \},$$

в которых, хотя бы для одного l такое неравенство является строгим.

Второй слой определяется как подмножество Парето $\Omega_{\pi_2} = \pi(\Omega \setminus \Omega_{\pi_1})$ на множестве $\Omega \setminus \Omega_{\pi_1}$, из которого удалены все элементы, принадлежащие первому Ω_{π_1} слою Парето. Аналогично

получаем выражения для последующих слоев Парето $\Omega_{\pi_3}, \Omega_{\pi_4}, \dots, \Omega_{\pi_s}$ на Ω . Причем, полное исходное множество представляет собой объединение всех найденных слоев $\Omega = \Omega_{\pi_1} \cup \Omega_{\pi_2} \cup \dots, \cup \Omega_{\pi_s}$.

Внутри каждого Ω_{π_s} – слоя все объекты не сравнимы между собой и каждый элемент из Ω_{π_s} подмножества линейно упорядоченных слоев принадлежит ровно одному классу подмножеств расслоения по Парето на исходном множестве Ω .

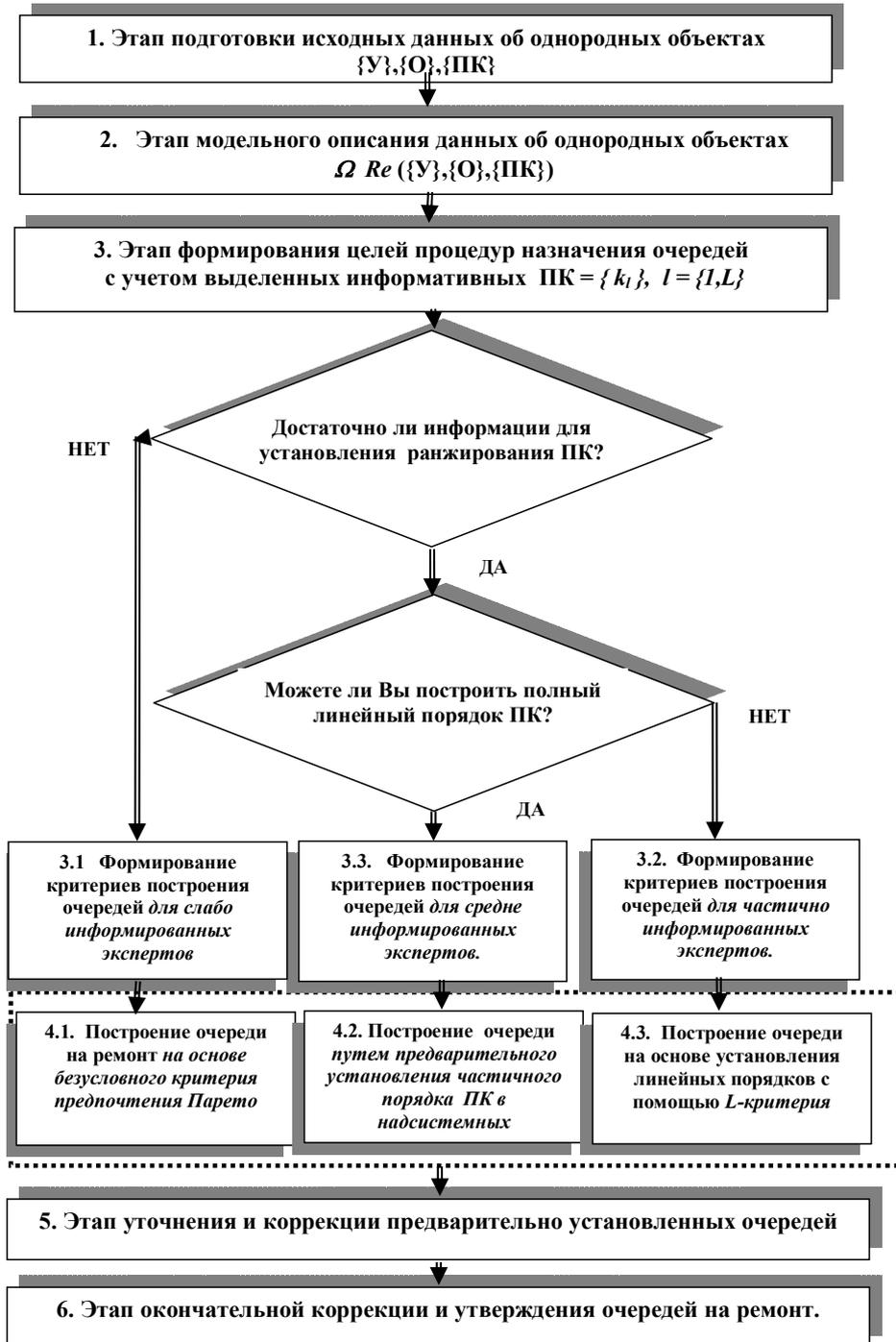


Рис. 1. Методика формирования очередей на ремонт и обслуживание ЭЭО

Построение очередей на ремонт оборудования по критерию Парето может рассматриваться как способ задания порядка объектов *линейным квази порядком слоев*, задающим модель системы предпочтений. Причем сама модель представления множества объектов в подобном виде вводится для описания задач с *частично недоопределенной* целью, в которых из-за слабой информированности ЛПП невозможно задать точное априорное назначение приоритетов показателей качества, а возможно лишь для формулирования π -постановки $\pi (\Omega / \{k_1, k_2, \dots\})$ указать наборы несравнимых показателей качества $\{k_1, k_2, \dots\}$. Идея таких расслоений представлена на рис. 2. А соответствующий послойный порядок, закладываемый в основу построения очереди на ремонт ЭЭО – на рис. 3.

Слабая информированность ЛПП приводит (в результате применения критерия Парето) к неполному линейному порядку вариантов и несравнимости объектов в π -слоях.

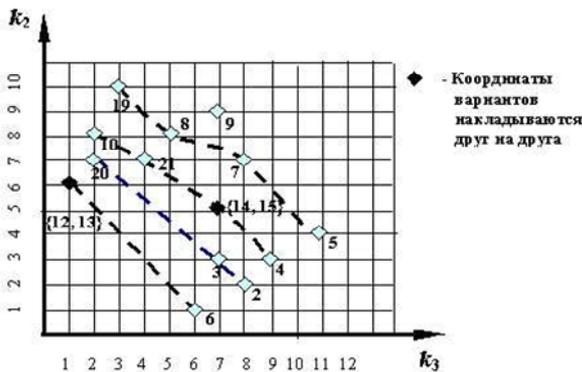


Рис. 2. Представление исходного множества объектов в виде слоев Парето

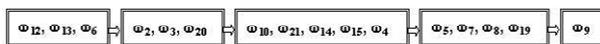


Рис. 3. Графическая интерпретация плана ремонтов, построенного на основе π -слоев

II. Построение очереди на ремонт для средне информированного ЛПП

Определение 2. Под *средней информированностью* экспертов будем понимать тот факт, что для рассматриваемых объектов, ЛПП может выделить набор информативных технических показателей качества объектов и может достоверно установить их приоритеты в принятых надсистемных метапоказателях качества $\{K_1, K_2\}$.

В качестве K_1 , например, можно использовать “*Относительную степень важности* (информативности) показателя качества k_i при оценке технического состояния объекта”, а K_2 – “*Относительную стоимость проведения экспертизы* по установлению значений данного ПК k_i на однородном множестве объектов”.

Построение очереди объектов на ремонт в этом случае проводится на основе предварительного ранжирования технических показателей качества объектов в надсистемных метапоказателях, с последующим установлением вначале последовательности применяемых критериев, а затем и самого порядка объектов, задающего очередь на ремонт.

Последовательность процедур для этого случая следующая:

На первом этапе назначается набор отдельных технических показателей качества $\{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, \dots\}$, по которым осуществляется сравнение ЭЭО.

На втором этапе устанавливаются приоритеты технических показателей в двумерном пространстве метапоказателей, что графически интерпретируется рис. 4. Эта операция может быть выполнена в порядковых рангах предпочтений. Фактически, в проводимой процедуре мы рассматриваем показатели качества как “объекты”, проводя по существу *декомпозицию цели операции* упорядочивания отдельных ПК $\{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, \dots\}$ в метапоказателях $\{K_1, K_2\}$.

На третьем этапе осуществляется выделение последовательности применяемых критериальных постановок в пространстве $\{K_1, K_2\}$ по критерию Парето для выбранных частных технических показателей качества $\{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$ (рис. 4).

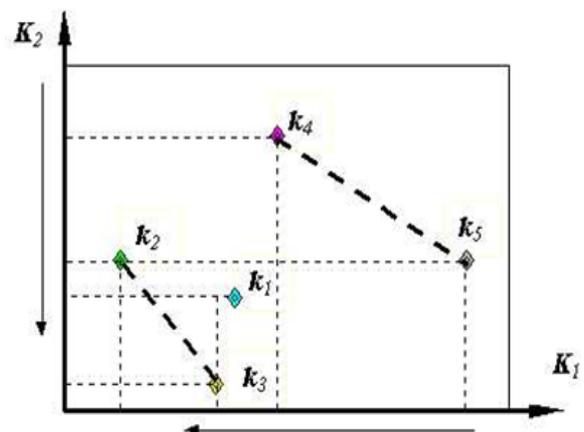


Рис. 4. Распределение приоритетов технических показателей качества

Как видно из представленного на рис. 4 распределения ПК в выбранном метапространстве $E^2: \{K_1, K_2\}$ (для минимизации) можно выделить следующие πL -критериальные постановки, применяемые последовательно:

$$\pi_1\{k_2, k_3\} \iff L_1 < k_1 > \iff \pi_2\{k_4, k_5\}.$$

Последовательность применения πL -критериев соответствует приоритетам в поставленных целях планирования ремонтов. По сформированному порядку вначале будет задавать первичную структуру объектов π -критерий $\pi_1\{k_2, k_3\}$, далее несравнимость вариантов в полученном порядке раскрывается с помощью L -критерия $L_1 < k_1 >$, и затем, оставшиеся несравнимыми варианты могут быть проверены на доминирование с помощью π -критерия $\pi_2\{k_4, k_5\}$. Так сравнением вариантов по последовательно применяемым критериям восстанавливается искомый порядок объектов, претендующий стать планом на ремонт ЭЭО.

Итак, в методике при средней информированности ЛПП предполагается, что каждый последующий критерий из сформированного линейного списка критериев: $< \pi_1\{k_2, k_3\}, L_1 < k_1 >, \pi_2\{k_4, k_5\} >$ снимает несравнимость объектов, все ближе приводя порядок к линейному списку. При этом каждый последующий критерий уточняет ранее полученные решения, не изменяя главного порядка в плане ремонта, сформированного, по ранее примененным критериям, начиная с первой постановки, в нашем примере – $\pi_1\{k_2, k_3\}$.

III. Процедура построения очереди на ремонт для достаточно информированного пользователя на основе L -критерия.

Определение 3. Под достаточной информированностью экспертов будем понимать тот факт, что для рассматриваемых объектов, ЛПП может выделить набор информативных технических показателей качества объектов и может достоверно установить их приоритеты.

Метод реализуется с целью установления линейных порядков объектов по L -критерию, для использования, которого ЛПП должен предварительно проранжировать показатели качества: $< k_1, k_2, \dots >$ по степени их важности.

Пусть (для примера) экспертами заданы в качестве информативных два показателя качества $\{k_1, k_2\}$, причем ЛПП задал приоритет ПК: $< k_2, k_1 >$, что означает, что k_2 важнее, чем k_1 . При этом, упорядочение по возрастанию значений этих ПК_{*i*} (для случая минимизации обоих показателей качества) приведет к следующим линейным порядкам по k_1 и k_2 .

По первому показателю качества k_1 :

$$L(\Omega/k_1): < \omega_6, \omega_1, \omega_2, \{\omega_3, \omega_4, \omega_{17}, \omega_{18}, \omega_{23}\}, \{\omega_5, \omega_{16}\}, \{\omega_{14}, \omega_{15}\}, \{\omega_{12}, \omega_{13}\}, \omega_{11}, \{\omega_7, \omega_{20}, \omega_{21}, \omega_{22}\}, \{\omega_8, \omega_{10}\}, \omega_9, \omega_{19} >.$$

По второму показателю качества k_2 :

$$L(\Omega/k_2): < \omega_{11}, \{\omega_{12}, \omega_{13}\}, \{\omega_{10}, \omega_{16}, \omega_{20}\}, \omega_{19}, \{\omega_{17}, \omega_{22}\}, \omega_{21}, \{\omega_8, \omega_{18}\}, \omega_6, \{\omega_3, \omega_9, \omega_{14}, \omega_{15}, \omega_{23}\}, \omega_1, \{\omega_2, \omega_7\}, \omega_4, \omega_5 >.$$

Для удобства восприятия рассуждений изобразим график распределения вариантов в пространстве принятых показателей качества k_1 и k_2 (рис. 5), а затем сформируем линейный порядок для $L_1(\Omega / < k_2, k_1 >)$ – критерия ($k_1 \rightarrow \min, k_2 \rightarrow \min$).

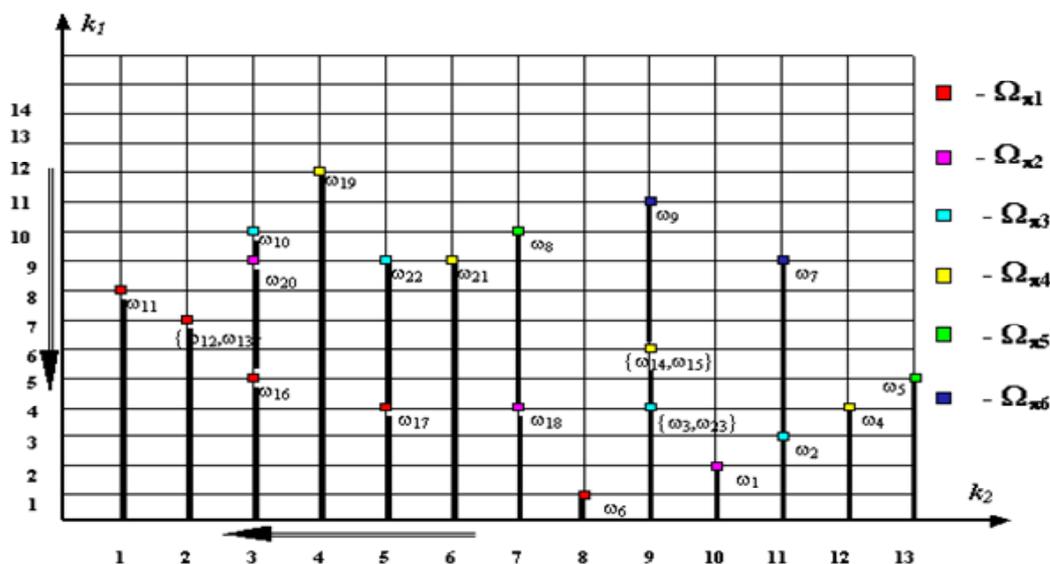


Рис. 5. Распределение объектов в пространстве показателей качества k_1 и k_2

Для представленного примера можно констатировать, что линейный порядок вариантов при построении L -оптимального плана ремонта, полученный с помощью L -критерия $L_1(\Omega / <k_2, k_1 >)$ начинается с варианта ω_{11} : ($\min k_2$), затем содержит, несравнимые варианты $\{\omega_{12}, \omega_{13}\}$, $\{\omega_3, \omega_{23}\}$, $\{\omega_{14}, \omega_{15}\}$, которые могут стать различимыми с привлечением второго по важности ПК – k_1 . Пусть вариант ω_2 (по условию примера) является недопустимым, поэтому отсутствует в квазилинейном порядке.

$$\Omega^* [L_1(\Omega / <k_2, k_1 >)] : \omega_{11} \succ \{\omega_{12}, \omega_{13}\} \succ \omega_{16} \succ \omega_{20} \succ \omega_{10} \succ \omega_{19} \succ \omega_{17} \succ \omega_{22} \succ \omega_{21} \succ \omega_{18} \succ \omega_8 \succ \omega_6 \succ \{\omega_3, \omega_{23}\} \succ \{\omega_{14}, \omega_{15}\} \succ \omega_9 \succ \omega_1 \succ \omega_7 \succ \omega_4 \succ \omega_5.$$

Графически последовательность ремонтов объектов, построенная на основе L -критерия вида $L_1(\Omega / <k_2, k_1 >)$, представлена на рис. 6.

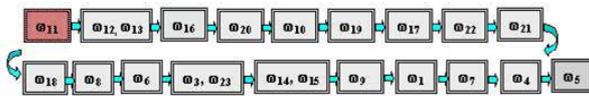


Рис. 6. Представление упорядоченного множества Ω^* в виде линейной структуры вариантов, полученной для $L_1(\Omega / <k_2, k_1 >)$ -постановки

Эта приведенная последовательность объектов задает квазилинейный порядок вариантов, который может быть положен в основу формирования окончательной очереди для планового ремонта ЭЭО. Окончательная коррекция плана должна учитывать стратегические, экономические, и ряд косвенных частных факторов, способных оказать воздействие на параметры коррекции очереди, сформированной по техническим показателям. Так как специфика подобной коррекции достаточно сильно привязана к конкретным задачам и к конкретным объектам, в рамках данной работы эти вопросы

УДК 681.518.2

Д. О. Ладыгин

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ВИБРАЦИЯХ В ВИДЕ ВИБРАЦИОННОГО ЭФФЕКТА; ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Волгоградский государственный технический университет (dyusha80@mail.ru)

Для решения проектно-конструкторских и технологических задач рассмотрен вопрос централизованного накопления, систематизации и использования сведений о вибрационных эффектах и устройствах. Предложено использовать автоматизированную информационно-поисковую систему по виброэффектам (АИПС).

Ключевые слова: автоматизация начальных стадий проектирования, вибрационные эффекты, вибрационные устройства.

D. O. Ladygin

MODEL OF REPRESENTATION OF KNOWLEDGE OF VIBRATIONS IN THE FORM OF VIBRATING EFFECT; APPLICATION PROSPECTS

For the decision of design and technological problems the question of the centralised accumulation, ordering and use of data on vibrating effects and devices is considered. It is offered to use the automated information retrieval system on vibrating effects. Automation of initial design stages, vibrating effects, vibrating devices.

Накопленный к настоящему времени объем знаний о вибрациях настолько рассредоточен

не рассматривается, а на практике решаются методом экспертных оценок.

Выводы

В работе описана методика решения задачи оптимального планирования ремонтов электроэнергетических объектов по техническим показателям качества. Методика позволяет строить частичные и линейные порядки объектов для начальных условий с разной степенью полноты. Такой подход дает возможность адаптивно к информированности ЛПР формировать предварительные планы ремонтов ЭЭО, которые могут уточняться с помощью дополнительных, в том числе и стоимостных критериев. Методика прошла апробацию на предприятиях энергетического профиля, на ее основе разработаны руководящие технические материалы для предприятий отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кандырин Ю. В. Методы и модели многокритериального выбора вариантов в САПР. М.: Издательство МЭИ, 2004г. – 172 с.
2. Кандырин Ю. В. Автоматизированный многокритериальный выбор альтернатив в инженерном проектировании. Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 1992 г – 73 с.
3. Кандырин Ю. В., Шкурина Г. Л. Процедуры генерации и выбора при проектировании технических объектов. Учебное пособие с грифом УМО, Изд. "Политехник" ВолгГТУ, г. Волгоград, 1999г. – 85 с.
4. Кандырин Ю. В. Сравнительный анализ технических объектов с целью формирования оптимальных очередей ремонтов. Журнал "Надежность" № 2 (13). – М.: Издательский Дом "Технологии" 2005г. – С. 34–44.
5. Кандырин Ю. В., Кошелев А. М. Алгоритмы установления приоритетов объектов по техническим показателям качества с целью назначения оптимальной очередности ремонтов. Электронный журнал "Системотехника" № 4. Изд. МИЭМ г. Москва 2006 www.systech.miem.edu.ru/ogl-4

в различных источниках, что является практически необозримым для специалистов. Кроме

того, во многих случаях форма представления этих знаний затрудняет их непосредственное использование инженерами для решения проектно-конструкторских и технологических задач. Поэтому актуальным является вопрос централизованного накопления, систематизации и разумного использования сведений о вибрационных эффектах и устройствах. Накопленные знания целесообразно сосредоточить в соответствующей автоматизированной информационно-поисковой системе (АИПС).

Цели использования АИПС:

1. Повышение производительности труда инженеров-конструкторов и разработчиков новой техники за счет автоматизации начальных стадий проектирования;

2. Образовательная – помощь в обучении заинтересованных лиц и повышение креативности обучения.

В основе работы лежит идея виброэффекта (ВЭ), который определяется как взаимосвязь между двумя или более явлениями, происходящими при непосредственном участии вибраций различной физической природы, для реализации которой необходимы определенные условия: причина эффекта и его следствие.

По каждому эффекту приведены краткие описания текстового характера, схематическое изображение технической реализации эффекта, сведения об изобретательском применении, практическое применение, представляющее собой некоторую совокупность описаний функций, которые могут быть реализованы с помощью данного эффекта, список литературы, где можно узнать подробнее интересующую информацию... Из анализа большого массива изобретений составляется таблица применений ВЭ при решении изобретательских задач, которая содержит два поля: требуемое действие или свойство (например, изменение положения или перемещение объекта, разделение смесей, создание больших давлений, разрушение...) и название ВЭ (его №).

Наглядной и полезной является схема представления ВЭ 3-хкомпонентной структурой:

$$A(t, w) \rightarrow B \rightarrow C(t, w), \quad (1)$$

где A – вход, B – объект, C – выход.

Объект – тело или совокупность тел, представляющих собой определенную целостность независимо от их степени сложности (лед и ледокол, винт и гайка, газ и твердое тело...). В качестве объекта чаще всего выступают макроскопические материальные тела, а также свойства материи, процессы и взаимодействия. Объект подвергается воздействиям со стороны окружающей среды, которые являются причинами возникновения тех или иных эффектов и называются входными

воздействиями (входами). Реакция системы на входное воздействие – выход.

Для описания ВЭ, в которых происходит качественное изменение состояния объекта "В", например, при описании эффекта вибрационно-го разрыхления (дробления, разрушения) предлагается структурированное описание ВЭ по признакам входа, выхода и объекта по 4-хкомпонентной схеме:

$$A(t, w) \rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow C(t, w), \quad (2)$$

где B_1 и B_2 – начальное и конечное состояние объекта. Одновременно расширяется и круг возможных запросов к системе: становится возможной целая область запросов, касающихся деталей перехода от состояния B_1 к состоянию B_2 : как вызвать переход $B_1 \rightarrow B_2$ и какие он может вызвать последствия, в какие B_2 может переходить B_1 , из каких B_1 может возникнуть B_2 и т. п.

Важная отличительная особенность: входное и выходное воздействия для ВЭ – есть функция от времени, частоты и направления колебаний.

В настоящей работе предлагается вводить информацию в ЭВМ в виде вибрационного эффекта, модель которого имеет следующую структуру:

$$M = \langle (N_1, N_2), (A_1, A_2, \dots, A_n), P, (B_1, B_2), C, F(D), Q, H, I, J, V, E_1, E_2, E_3, T(M), L, K, G, O, O_1 \rangle. \quad (3)$$

где N_1 – номер ВЭ в базе данных.

N_2 – наименование ВЭ.

A_i – входы ВЭ. Их может быть несколько; одним является свойства объекта, которые можно менять.

P – вибрационная система.

$B_{1,2}$ – состояние объекта (начальное и конечное).

C – выход (часто сходно с технической функцией-потребностью или действием "D").

F – техническая функция-потребность, реализуемая с помощью ВЭ.

D – компонента "Действие".

H – специальные условия и ограничения.

Q – совокупность дескрипторов.

E_1 и E_2 – краткое и расширенное описание текстовой сущности и математической модели.

E_3 – схема ВЭ или видеоролики.

I – направление изменения частоты: уменьшение или увеличение.

J – направление колебаний в пространстве.

V – формализованное описание функциональной связи физических величин ВЭ (математическая модель) в соответствии со справочником графических элементов.

L – вид ВЭ.

K – область науки (отрасль, сфера деятельности).

G – признак, применяемый в случае обучения (интересные, необычные и природные явления; животные, использующие ВЭ и применяющие их; профессии; чувства и ощущения человека...).

T – техническая реализация (вибрационные устройства).

M – рабочий орган (активная среда), выполняющий/передающий действие (*входит в состав технического решения*).

O – совокупность справочных статей.

O₁ – перечень литературных источников.

Представленная модель не заменяет стандартную модель описания физических эффектов, описанную в [1], а лишь представляет данную модель, "заточенную" для описания ВЭ, сформированную по результатам описания более 200 ВЭ. По существу, это попытка перейти на 2 уровень с описанием конструктивных элементов вибрационных систем (это описано компонентой P). Определенные изменения и дополнения получили составляющие D и H; считаем целесообразным введение новых компонент I, J, M, L, K, G.

Работа с нашей АИПС будет "провоцировать" пользователя на создание новых ВУ и технологий (синтез вибровозбудителей, вибропреобразователей, для виброзамера...). Используется метод индукции: возьмем 2 (или более ВЭ)

и получим новое техническое решение (*я уверен, что Вы его не знаете*). Например, процесс резания пластмассы – пусть смазывающая охлаждающая жидкость добавляет автоколебания (это приведет к лучшему дроблению стружки). Или, например, соединить перекачку жидкости с одновременной дегазацией; волновой перенос тепла + транспортировка твердого тела в жидкости; загрузка/разгрузка с одновременной сегрегацией (т. е. бункер-питатель с сепаратором); при прокатке стали (и вообще, при обработке давлением ввести у/з головку для повышения пластичности и податливости материала); виброролки (сообщим колебания колесам обычного катка, что позволит повысить производительность асфальтоукладки)...

Уже сейчас пилотные варианты внедрены в учебный процесс для проведения лабораторных работ по курсу "Методы инженерного творчества". Основное ядро системы инвариантно и позволяет оперативно перестроить ее с генерации ВУ на любой тип технических решений без ограничения относительно типов и классов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фоменков С. А., Давыдов Д. А., Камаев В. А. "Моделирование и автоматизированное использование структурированных физических знаний: монография" / М.: Машиностроение. – 1, 2004. – 297 с.

УДК 681.3

М. Б. Сипливая, И. Г. Жукова, А. М. Дворянкин, Р. Ю. Сливин
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАССУЖДЕНИЙ ПО ПРЕЦЕДЕНТАМ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ

Волгоградский государственный технический университет (siplivaya@vstu.ru, kreative@vistcom.ru, dvam@vstu.ru)

В статье представлена концепция применения технологии рассуждений по прецедентам для интеллектуальной поддержки конечно-элементного анализа контактных задач. Приведены разработанные авторами алгоритмы поиска и адаптации прецедентов для данной предметной области. Предложенные алгоритмы представляют реализацию технологии рассуждений по прецедентам для организации интеллектуальной поддержки КЭ анализа в области контактной механики.

Ключевые слова: интеллектуальная поддержка, конечно-элементный анализ, рассуждения по прецедентам, контактные задачи.

М. B. Siplivaya, I. G. Zhukova, A. M. Dvoriankin, R. Y. Slivin
APPLICATION OF CASE BASED REASONING FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS
OF CONTACT PROBLEMS

In this paper the concept for intelligent support of the preprocessing stage of engineering analysis in the contact mechanics domain is presented which employs the CBR mechanism. Case retrieval and adaptation algorithms are described which according to the initial tests perform better in the chosen domain than the known prototypes.

Intelligent support, contact mechanics.

Современные средства инженерного анализа опираются на мощный и постоянно развивающийся математический аппарат, основу которого составляют методы конечных элементов (МКЭ). Данный аппарат поддается эффективной автоматизации, подсистемы МКЭ являются неотъемлемыми частями систем CAE и CAD.

Однако современные средства автоматизации инженерного анализа практически не оказывают пользователю поддержки при выполнении неалгоритмических задач, возникающих в процессе анализа. Одним из способов решения этой проблемы является организация интеллектуальной поддержки решения неалгоритмических задач инженерного анализа со стороны автоматизированной системы.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований

Реализация такой поддержки подразумевает разработку формального представления инженерных знаний и автоматизацию процесса рассуждений с использованием этих знаний. Ключевой особенностью процесса рассуждений в ходе инженерного анализа является использование накопленного опыта – знаний о ранее решенных задачах, аналогичных данной. В связи с этим наиболее релевантной технологией искусственного интеллекта для моделирования таких рассуждений представляются рассуждения по прецедентам (РПП).

Проведенный анализ показал, что существующие модели и алгоритмы РПП не могут быть непосредственно применены к решению задач инженерного анализа МКЭ, так как последние обладают рядом специфических свойств: описание инженерной задачи (прецедента) имеет сложную структуру, которая может существенно изменяться в зависимости от типа технического объекта и решаемой задачи; элементы поля знаний существенно различаются по степени формализации (ряд зависимостей между параметрами может быть выражен детерминированными алгебраическими соотношениями, другие – нечеткими экспертными правилами), необходимо оценивать значения качественных и количественных параметров с учетом контекста. Таким образом, актуальной задачей является адаптация моделей и алгоритмов РПП для реализации интеллектуальной поддержки инженерного анализа технических объектов МКЭ.

В результате изучения процесса КЭ анализа были выделены инвариантные этапы и задачи, возникающие на этих этапах [1]. Следует отметить ряд особенностей используемых знаний и процесса рассуждений в ходе инженерного анализа: описание задачи и используемого метода решения имеет сложную динамическую структуру; имеются существенные различия в значимости отдельных компонентов описания задачи и решения; учитываются множественные логические и физические отношения между рассматриваемыми объектами; используются как качественные, так и количественные параметры с интерпретацией значений последних с учетом контекста задачи; при решении неалгоритмических задач активно используются знания о ранее решенных задачах, аналогичных поставленной.

В работе [1] представлена концепция интеллектуальной поддержки инженерного анализа на основе РПП, в которой сформулированы основные требования к моделям и алгоритмам автоматизированной системы интеллектуальной поддержки (АС ИП). РПП являются технологией искусственного интеллекта для формализации и автоматизации решения задач на основе

аналогии с успешно решенными задачами, основными аспектами которой являются [2]: форма представления прецедентов (модель прецедента); процедура выбора прецедентов, наиболее близких к заданному РПП-запросу; процедура адаптации выбранных прецедентов.

Основными вариантами формы представления прецедентов являются следующие: текстовое представление, пары (хэш-таблицы) "свойство – значение", структурированное представление. С учетом отмеченных выше особенностей предметной области инженерного анализа наиболее адекватным для поставленных задач интеллектуальной поддержки является структурированное представление.

Проведенный анализ особенностей поля знаний в области решения контактных задач МКЭ позволил выбрать в качестве наиболее адекватной модели представления знаний формальную онтологию и разработать модель предметной области [1, 3] в виде онтологии, представленной на языке описательной логики OWL DL. Реализация механизма РПП на данной модели включает: формирование РПП-запроса, описывающего поставленную контактную задачу; выбор прецедента, наиболее близкого к сформулированному запросу; определение параметров процедуры решения поставленной контактной задачи путем адаптации выбранного прецедента.

Для решения данных задач был разработан ряд алгоритмов: алгоритм формирования РПП-запроса, алгоритм выбора прецедентов на основе функции близости S , алгоритм подстановочной адаптации прецедента.

РПП-запрос является входной информацией для процесса рассуждений по прецедентам и представляет собой описание решаемой задачи инженерного анализа и/или формальной контактной задачи в терминах разработанной модели предметной области. Предложенный алгоритм формирования РПП-запроса включает следующие основные этапы:

1. Формирование РПП-запроса

1.1. Создание экземпляров онтологии, представляющих компоненты физической системы;

1.2. Создание структурных отношений, связывающих созданные на этапе 1.1 экземпляры онтологии;

1.3. Создание совокупности концептов и экземпляров онтологии, которые представляют параметры физической системы и поставленной для нее контактной задачи;

2. Проверка непротиворечивости РПП-запроса.

Такой метод формирования запроса позволяет упростить работу с автоматизированной системой, сократить объем рутинных операций по вводу информации и поддержанию непротиворечивости модели.

Решение задачи выбора наиболее близкого к заданному запросу прецедента инженерного анализа в контексте предложенной модели предметной области сводится к оценке степени близости двух экземпляров онтологии. Для этого предложен алгоритм, который основан на использовании функции близости S . Близость S двух экземпляров $i1$ и $i2$ онтологии может быть представлена как:

$$S(i1, i2) = F(CBS(i1, i2), SBS(i1, i2)),$$

где S – глобальная близость экземпляров;

CBS – близость экземпляров по классам;

SBS – близость экземпляров по отношениям (ролям);

F – некоторая вещественная функция, в разработанном алгоритме используются произведение, взвешенная сумма, минимум.

Функции S , CBS и SBS могут принимать значение в интервале $[0; 1]$, при этом функция S является неубывающей по CBS и SBS . Каждому значению CBS_i соответствует максимально возможное для него (оценочное) значение S_{ev} :

$$S_{ev}(CBS_i) = F(CBS_i, 1).$$

Алгоритм включает следующие основные шаги:

1. Итерационный расчет CBS для РПП-запроса и индексов всех прецедентов в базе знаний.

2. Сортировка списка индексов прецедентов по убыванию величин CBS .

3. Расчет SBS и полный расчет S для первого рассматриваемого прецедента.

4. Для каждого последующего индекса прецедента i , если значение $S_{ev}(CBS_i)$ больше текущего максимального значения S – расчет SBS . При выборе следующего индекса прецедента предпочтение отдается индексам, имеющим наибольшее значение CBS .

5. Выбор из списка прецедентов с рассчитанными величинами CBS и SBS прецедента с максимальным значением S .

Предлагаемый алгоритм выбора прецедентов на основе функции близости S отличается от известного [4] тем, что не включает обязательного полного расчета S для всех прецедентов базы знаний. Поскольку расчет SBS является существенно более затратным, чем расчет CBS , и вносит основной вклад в вычислительную стоимость алгоритма, то предлагаемый алгоритм является более эффективным с точки зрения вычислительных затрат, чем известный [4].

Алгоритм расчета CBS использует модель n -мерного векторного пространства, где экземпляр представлен n -мерным вектором, каждому компоненту которого соответствует концепт онтологии. Если экземпляр принадлежит данному концепту, соответствующий компонент вектора равен значению весовой функции W для данного класса, иначе – равен нулю. CBS

вычисляется как косинус угла между векторами экземпляров:

$$CBS(i1, i2) = \frac{v1 * v2}{\|v1\| * \|v2\|},$$

где $v1$, $v2$ – вектора, соответствующие экземплярам прецедентов $i1$ и $i2$.

Данный подход за счет использования весов W позволяет адекватно оценивать близость экземпляров в несбалансированной онтологии, имеющей ветви с различным количеством уровней иерархии наследования, а также предоставляет возможности настройки.

Близость по свойствам SBS рассчитывается на основе попарного сопоставления отношений, в которых участвуют сравниваемые экземпляры. SBS вычисляется как взвешенная сумма близостей по всем парам отношений, при этом вес отношения соответствует степени его значимости в описании экземпляра:

$$SBS(i1, i2) = \sum_{j1=0}^{n1} \sum_{j2=0}^{n2} w_{j1} * w_{j2} * LS(R_{j1}, R_{j2}),$$

где $n1$ – количество отношений экземпляра $i1$, $n2$ – количество отношений экземпляра $i2$, w_{j1} – вес отношения $j1$ экземпляра $i1$, w_{j2} – вес отношения $j2$ экземпляра $i2$, R_{j1} – $j1$ -е отношение экземпляра $i1$, R_{j2} – $j2$ -е отношение экземпляра $i2$, LS – функция близости пары отношений экземпляров (локальная близость).

Авторами предложен метод расчета LS как для отношений, представляющих вещественные параметры экземпляра, моделируемые качественными переменными, так и для структурных отношений. В первом случае LS вычисляется с использованием разработанного алгоритма проецирования критических точек, во втором случае – по следующей формуле:

$$LS(R_1, R_2) = RS(R_1, R_2) * S(i_{R1}, i_{R2}),$$

где R_1 , R_2 – сравниваемые отношения, i_{R1} , i_{R2} – экземпляры, соединенные со сравниваемыми отношениями R_1 и R_2 соответственно, RS – функция близости ролей.

Блок-схема алгоритма расчета SBS представлена на рис. 1. Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма расчета SBS является метод выбора соответствий между наборами отношений. Предлагаемый подход основан на подборе значения SBS путем перебора всех различных проекций каждого списка связанных отношений одного из сравниваемых экземпляров на соответствующий список связанных отношений другого экземпляра с поиском проекции, для которой получаемое значение SBS максимально, что позволяет получать адекватные оценки близости экземпляров при любой структуре графа онтологии.

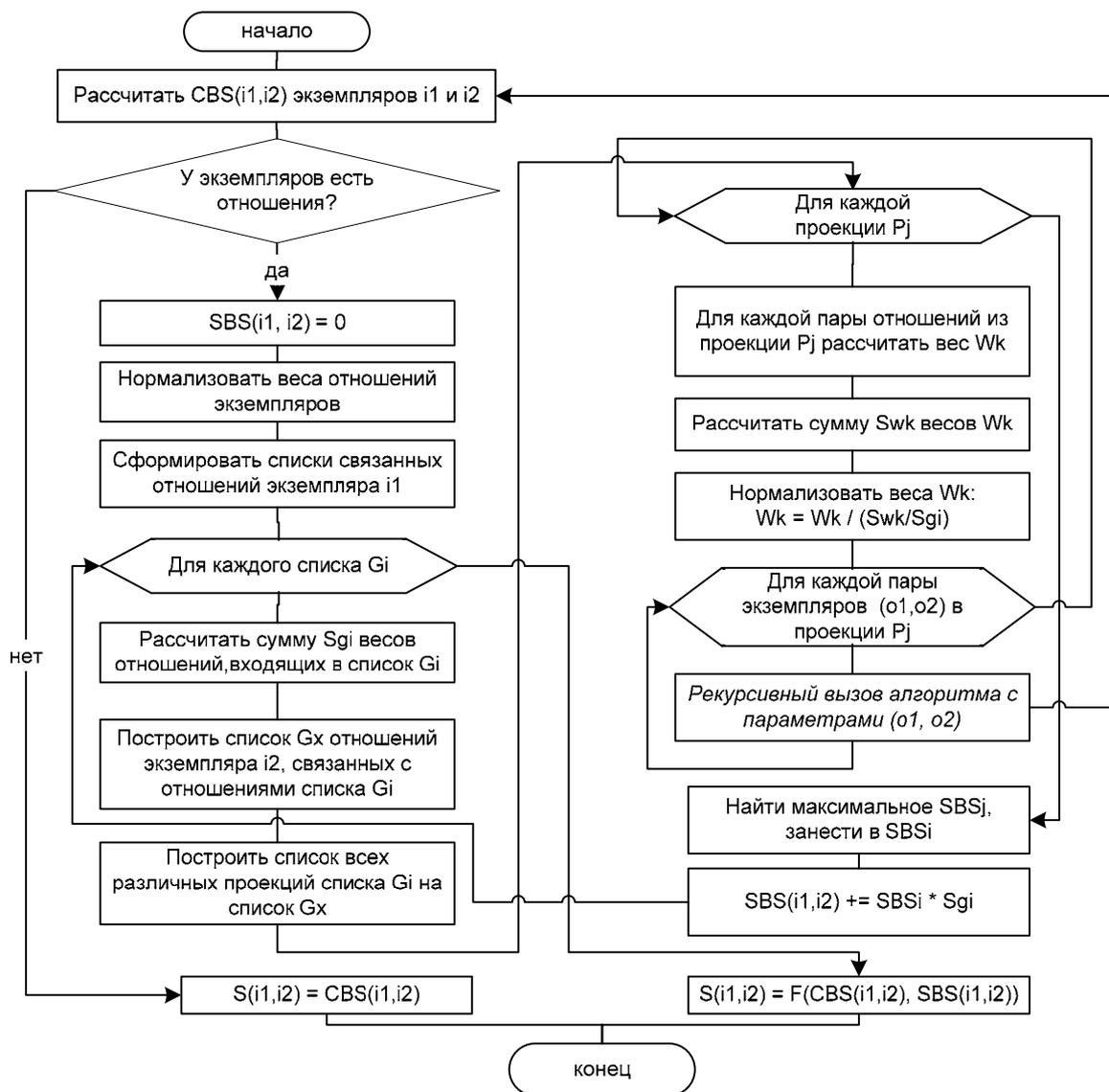


Рис. 1. Алгоритм расчета SBS

Для адаптации выбранных прецедентов к поставленной задаче (РПП-запросу) предложен механизм подстановочной адаптации, который использует метод путей близости и подбор значений на основе продукционных правил. Совместное применение данных алгоритмов позволяет обрабатывать различные формы представления знаний о зависимостях между свойствами задач и процедур решения: как пути близости с логическими условиями и нечеткими оценками значений свойств, так и детерминированные продукционные правила. Пример фрагмента онтологии предметной области, содержащий пути близости, представлен на рис. 2, а соответствующее продукционное правило – на рис. 3.

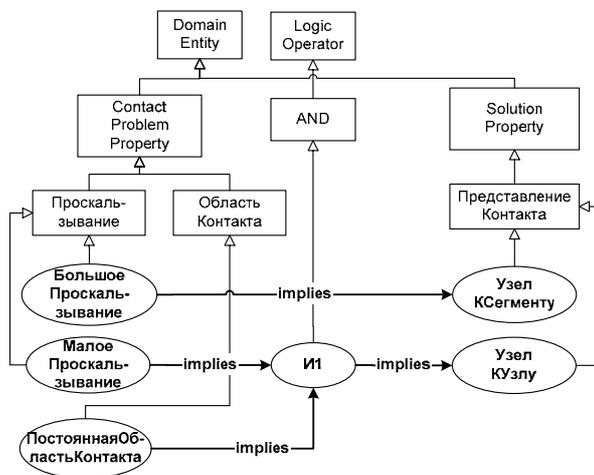


Рис. 2. Фрагмент онтологии, содержащий пути близости

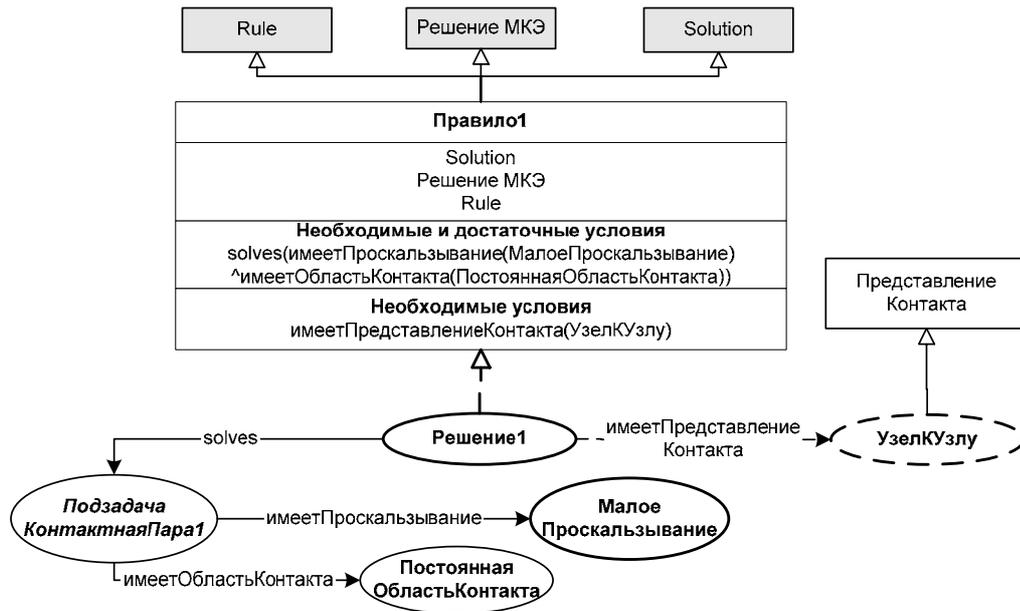


Рис. 3. Фрагмент онтологии, содержащий продукционное правило

Алгоритм адаптации на основе путей близости основан на использовании зависимостей между свойствами задачи и решения, представленными на графе онтологии путями от свойств задачи к свойствам решения и состоит из следующих основных этапов:

1. Поиск всех путей близости SP_i , начинающихся на экземплярах, представляющих значения свойств РПП-запроса Iq , отличающихся от значений соответствующих свойств индекса прецедента Ip ;

2. Поиск всех путей близости SP_j , изоморфных путям SP_i , начинающимся на экземплярах, которые представляют значения соответствующих свойств индекса прецедента Ip , и выполненных для этих экземпляров.

Разработанный алгоритм адаптации на основе путей близости отличается от известных [4, 5] возможностью обработки логических операторов \wedge и \vee при представлении зависимостей между свойствами решаемой задачи и свойствами решения, возможностью использования весовых коэффициентов, приписанных свойствам задачи и решения, а также получение количественной оценки эффекта адаптации.

Алгоритм адаптации на основе правил основан на генерации возможных сочетаний зна-

чений адаптируемых признаков и последующей их фильтрации на основе продукционных правил базы знаний.

Предложенные алгоритмы представляют реализацию технологии рассуждений по прецедентам для организации интеллектуальной поддержки КЭ анализа в области контактной механики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Intelligent Support of Engineering Analysis. Slivin R.Y., Wriggers P., Sliplivaya M. B., Joukova I. G. // Proceedings of Int. conference "Artificial Intelligence Methods (AI-METH)", Gliwice, Poland, 2005.
2. Bartsch-Spurl B., Lenz M., Hubner A. Case-based reasoning – Survey and future directions. Proceedings of the Fifth Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems, Wurzburg, Germany, 1999.
3. Формализация знаний в области решения задач контактной механики в виде онтологии. Сипливая М. Б., Жукова И. Г., Сливин Р. Ю. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета, Волгоград, 2005.
4. Gonzales-Calero P., Diaz-Agudo B., Gomez-Albarran M. Applying DLs for Retrieval in Case-Based Reasoning, 2000.
5. Gomez-Albarran M., Gonzales-Calero P., Diaz-Agudo B., Fernandez-Conde C. Modeling the CBR Life Cycle Using Description Logics, 1999.

УДК 004.35

В. П. Шевчук, М. А. Матыченко, Е. В. Капля, Ю. Н. Пронкина, А. Н., Адаменко В. Н. Радына
КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ВФ МЭИ(ТУ), ООО «Металлмонтаж», ТМК "ВТЗ", ВолгГТУ (shevchuk@vfmei.ru)

В статье рассматривается вопрос концептуального проектирования интеллектуальных измерительных систем неразрушающего контроля. Проведено моделирование процессов распространения акустических волн при характерных параметрах сред и дефектов с различными начальными условиями. Представлен разработанный переносной прибор контроля качества сварных соединений.

Ключевые слова: информационно-измерительные системы, виртуальные приборы, математическое моделирование, поиск дефектов.

V. P. Shevchuk, M. A. Matychenko, E. V. Kaplya, J. N. Pronkina, A. N. Adamenko, V. N. Radyna
CONCEPTUAL DESIGN OF INTELLIGENT MEASURING SYSTEMS OF NONDESTRUCTIVE TESTING

The article discusses the conceptual design of intelligent measuring systems of nondestructive testing. A simulation of the processes of acoustic waves in the media and the characteristic parameters of the defects with different initial conditions. A portable device designed for quality control of welded joints.

Information-measuring systems, virtual devices, modelling, search of defects.

Новое поколение информационно-измерительных систем (ИИС) – это интеллектуальные и виртуальные ИИС, построенные на базе ПЭВМ и современного математического и программного обеспечения. Одним из пионеров в разработке и продвижении технологии виртуальных приборов, предназначенных для измерений, управления и автоматизации является компания National Instruments. Компания известна, в основном благодаря своей среде графического программирования LabVIEW, а также широкому спектру высокотехнологичного контрольно-измерительного оборудования. Сегодня LabVIEW, являющаяся стандартом среды разработки виртуальных приборов, повсеместно используется для создания автоматизированных контрольно-измерительных и технологических систем в промышленности, научно-исследовательских центрах и учебных заведениях.

Виртуальные приборы (ВП) обычно состоят из компьютера, снабженного функциональными контрольно-измерительными модулями (например, плата ввода-вывода данных) и программного обеспечения, которые в комплексе образуют систему, идентичную традиционным приборам. Виртуальные приборы позволяют использовать всю вычислительную мощь, производительность, графические и сетевые возможности современных персональных и промышленных компьютеров. Определяющую роль в широком распространении технологии виртуальных приборов сыграли разработчики компании National Instruments. Это платформа графического программирования LabVIEW, система разработки приложений реального времени LabVIEW Real-Time, экспертная система для серийного контроля качества TestStand, а также многие другие, позволяющих

инженерам и ученым создавать приборы, максимально точно отвечающие их нуждам.

Традиционные приборы, такие как осциллографы или генераторы сигналов, как правило, ориентированы на выполнение одной, в лучшем случае нескольких специфических задач, определяемых их производителем. Обычно пользователь не может существенно расширить функциональность своего оборудования. В свою очередь функциональность виртуальных приборов в основном определяется возможностями программного обеспечения, а значит, может быть легко адаптирована к конкретной задаче, решаемой инженером. Данная технология позволяет проводить адаптацию приборов без замены аппаратной части, используя возможности среды программирования, операционной системы и компьютерных технологий, что оказывается невозможным в случае использования традиционных приборов. Таким образом, именно гибкость технологии виртуальных приборов приводит к существенному расширению функциональности вашей системы при одновременном уменьшении ее стоимости.

Существенным преимуществом технологии виртуальных приборов, реализованной в LabVIEW, является ее модульность. В случае создания большой автоматизированной системы вы можете разработать отдельные виртуальные приборы для каждого из ее узлов, которые затем могут быть объединены в единый прибор, реализующего функции всей системы в целом. Подобная архитектура не только упрощает процесс разработки системы, но и позволяет проводить гибкую настройку каждого из ее узлов в отдельности, посредством работы с соответствующим виртуальным прибором.

В основе проектирования таких приборов лежит математическая модель процесса распространения акустической волны в измерительном канале. Распространение плоских акустических и электромагнитных волн вдоль оси Oz в неоднородной среде с учетом диссипации определяется волновым уравнением:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} - \alpha \cdot \frac{\partial P}{\partial t} - \beta \cdot P = 0, \quad (1)$$

где:

$P \equiv P(z, t)$ – давление, созданное акустической волной в слое с координатой z в момент времени t ;

$v = v(z, \omega)$ – скорость распространения частотной составляющей волнового пакета; ω – круговая частота составляющей;

$\alpha \equiv \alpha(z, t, \omega)$, $\beta \equiv \beta(z, t, \omega)$ – коэффициенты, характеризующие затухание частотной составляющей волнового пакета.

В однородной среде параметры α и β не зависят от координат и времени и поэтому структура информационно-измерительного канала виртуального прибора может быть представлена последовательным соединением источника ультразвуковых сигналов, исследуемого образца и приемника ультразвука (см. рис. 1):



Рис.1. Структура измерительного канала

На рис. 1: $P_1(t)$ – временная зависимость давления, созданного сгенерированной ультразвуковой волной, при входе в исследуемый образец;

$P_2(t)$ – временная зависимость давления, созданного ультразвуковой волной, на выходе из исследуемого образца в месте установки приемника;

$A_1(\omega)$, $A_2(\omega)$ – амплитудно-частотные характеристики ультразвуковой волны на входе и выходе. Стартовые позиции волнового пакета, при этом, необходимо выбирать вдали от расположения слоев неоднородности среды, потому что только в этом случае для задания начальных условий можно использовать известные аналитические решения уравнения (1).

По заданным начальным и граничным условиям с использованием соотношений на раз-

рыве определяются значения $P(z, t)$ на всей ограниченной пространственно-временной области.

На тех участках, где ожидается или наблюдается в процессе решения резкое изменение искомой функции, шаг сетки решения уменьшают с целью достижения большей точности расчетов. Уменьшение шага сетки особенно имеет смысл вблизи неоднородностей среды.

При моделировании толстый слой неоднородности можно заменить множеством дискретных барьеров, повторяющих профиль распределения характеристик в слое неоднородности.

Пусть образец представляет собой стальную пластину (плотность среды $\rho_0 = 7800 \text{ (кг/м}^3\text{)}$) с трещиной заполненной воздухом (плотность вещества в трещине $\rho_v = 1.29 \text{ (кг/м}^3\text{)}$). Тогда распределение плотности в образце можно задать функцией:

$$\rho(z) := \begin{cases} \rho_v \cdot \left[1.1 - \frac{0.1}{4 \cdot 10^4 \cdot \left[z - \left(\zeta_1 + \frac{\zeta_2 - \zeta_1}{2} \right) \right]^2 + 1} \right] & \text{if } \zeta_1 \leq z \leq \zeta_2 \\ \rho_0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Распределение упругости по образцу можно представить функцией:

$$E(z) := \begin{cases} E_v \cdot \left[1.1 - \frac{0.1}{4 \cdot 10^4 \cdot \left[z - \left(\zeta_1 + \frac{\zeta_2 - \zeta_1}{2} \right) \right]^2 + 1} \right] & \text{if } \zeta_1 \leq z \leq \zeta_2 \\ E_0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Скорость ультразвуковой волны в среде определяется формулой:

$$v(z) = \sqrt{E(z)/\rho(z)} \quad (4)$$

Коэффициент поглощения энергии равен:

$$\alpha(z) := \begin{cases} \alpha_v \cdot \left[0.9 + \frac{0.1}{4 \cdot 10^4 \cdot \left[z - \left(\zeta_1 + \frac{\zeta_2 - \zeta_1}{2} \right) \right]^2 + 1} \right] & \text{if } \zeta_1 \leq z \leq \zeta_2 \\ \alpha_0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Длина волны определяется формулой:

$$\lambda(z) = \frac{v(z)}{v} = \frac{\sqrt{E(z)/\rho(z)}}{v} \quad (6)$$

Для частоты ультразвуковой волны 2МГц и длины волны $\lambda \approx 2.57 \text{ мм}$ начальные условия можно представить в виде:

$$P(z, 0) = P \cdot \sec h \left(\frac{z - z_0}{L} \right) \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda(z)} \cdot z \right), \quad (7)$$

где $L = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, $z_0 = 0.02 \text{ м}$, $P = 10^3 \text{ Па}$ и тогда эволюция волны можно представить виде последовательности осциллограмм (рис. 2, 3, 4).

Пунктирной линией на рис. 3. показана амплитуда огибающей волнового пакета в отсутствии дефекта.

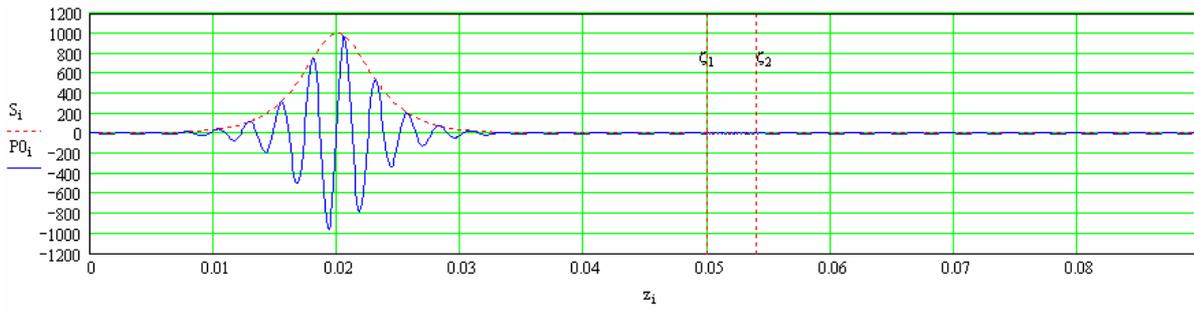


Рис. 2. Начальные условия

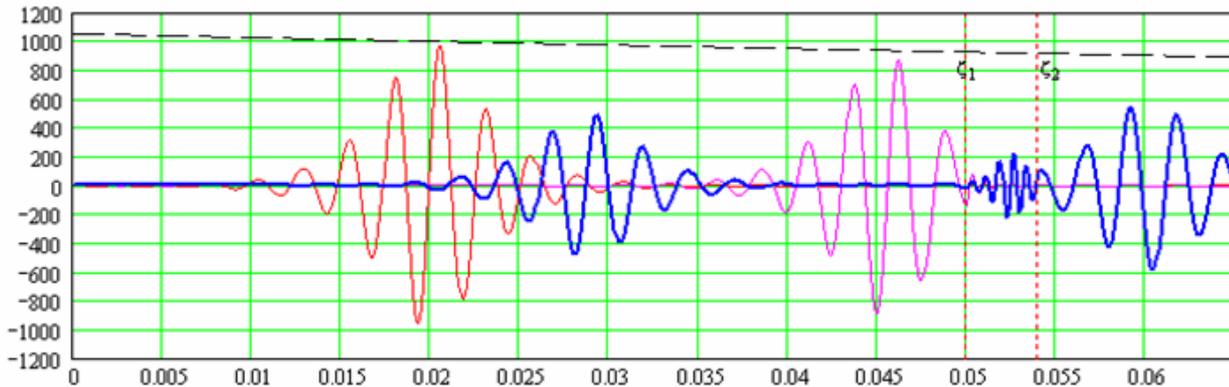


Рис. 3. Динамика волнового пакета

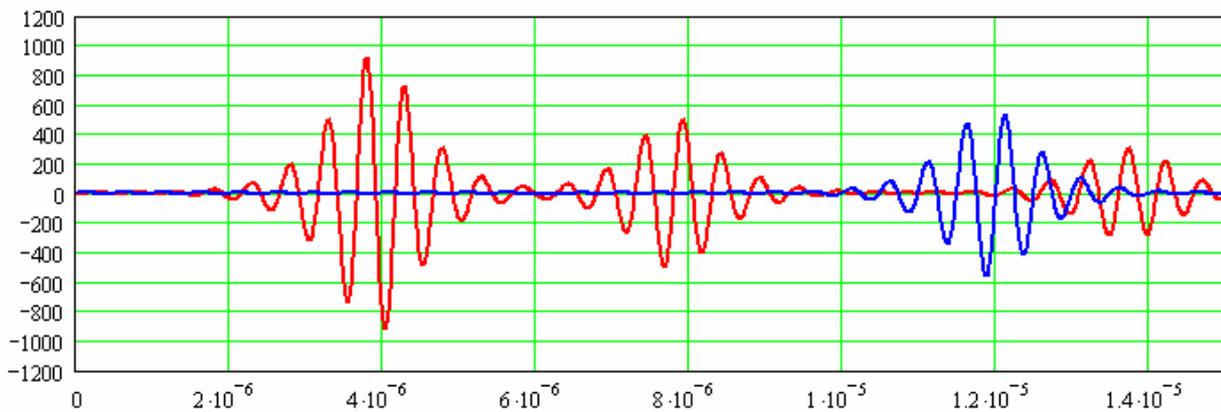


Рис. 4. Осциллограммы для излучателя и приемника волн

Пусть излучатель и приемник волн находятся по разные стороны от трещины (см. рис. 5). Координата излучателя – 4 см, координата приемника – 7 см. В этом случае осциллограммы акустического сигнала будут иметь вид, показанный на рис. 4.

Наибольшую информацию о процессе распространения волны несет пространственно-временная карта, приведенная на рис. 5.

Волна преодолевает трещину, однако видны волновые пакеты, отраженные от передней поверхности трещины.

Характер взаимодействия акустической волны с толстым поперечным слоем неоднородности вещества зависит не только от толщины слоя h ,

средней плотности $\langle \rho \rangle$ и средней упругости $\langle E \rangle$ этого слоя, но и от вида функций распределения $\rho(z)$ и $E(z)$. В реальных условиях распределение плотности вещества может быть различным.

Моделирование процессов распространения акустических волн проведено в современном пакете MathCad-12 при характерных параметрах сред и дефектов с различными начальными условиями. Составленная программа позволяет легко изменять начальные условия задачи и наблюдать результаты расчетов.

Для проверки корректности расчетов использовалось энергетическое соотношение:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\int_{\min(z)}^{\max(z)} \left(\frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{\partial P(z,t)}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial P(z,t)}{\partial z} \right)^2 \right] - \beta \cdot P(z,t) \right) dz \right] + \alpha(z) \cdot \int_{\min(z)}^{\max(z)} \left(\frac{\partial P(z,t)}{\partial t} \right)^2 dz = 0$$

Составленная модель процесса распространения акустических волн является корректной. Корректность проведенных вычислений под-

тверждается устойчивостью решения; выполнением условия Куранта; сохранением энергии волны при $\alpha = 0$. Результаты расчетов могут быть проверены экспериментальным путем.

Исследование эволюции акустической волны, распространяющейся в стальном образце с трещиной, заполненной воздухом представлено на рис. 6, 7, 8.

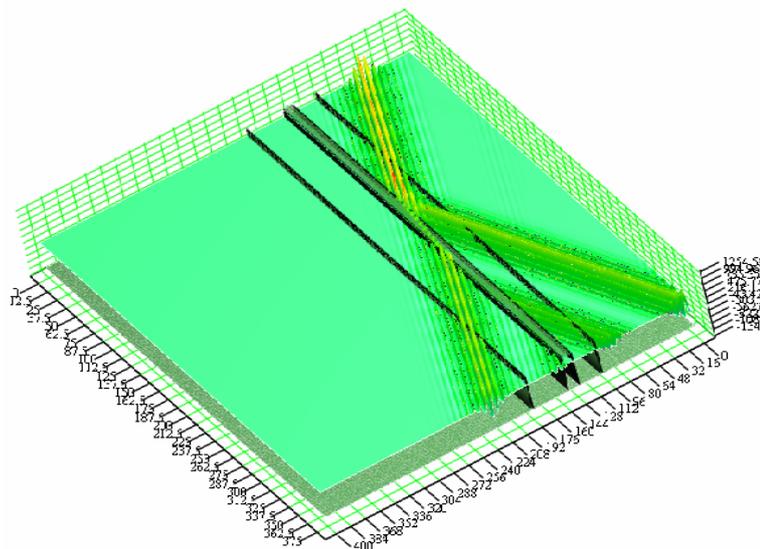


Рис. 5. Эволюция акустической волны, распространяющейся в стальном образце с трещиной, заполненной воздухом

Осциллограмма для излучателя.

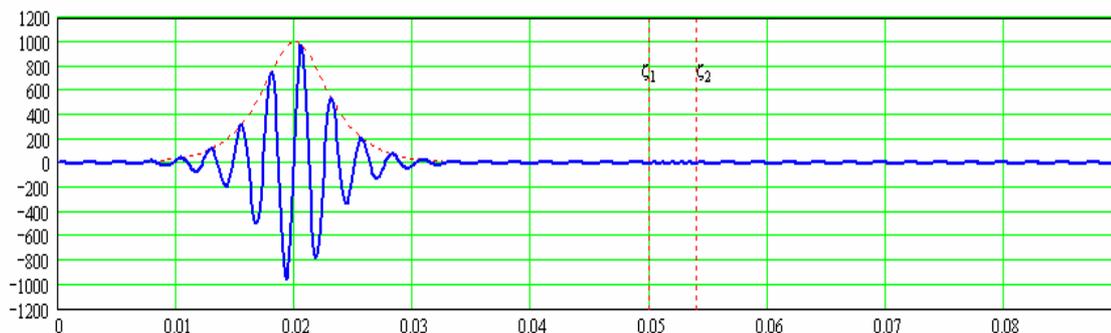


Рис. 6. Осциллограмма для излучателя

Распространение акустической волны в металле до трещины.

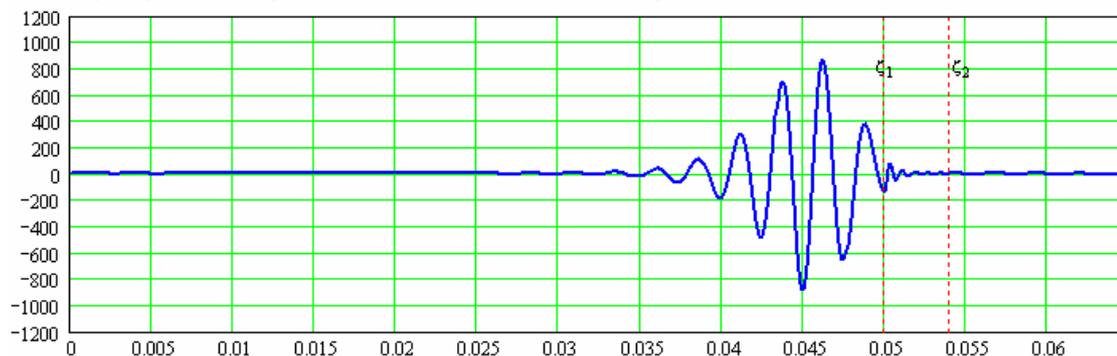


Рис. 7. Осциллограмма сигнала в металле до трещины

Распространение акустической волны в трещине.

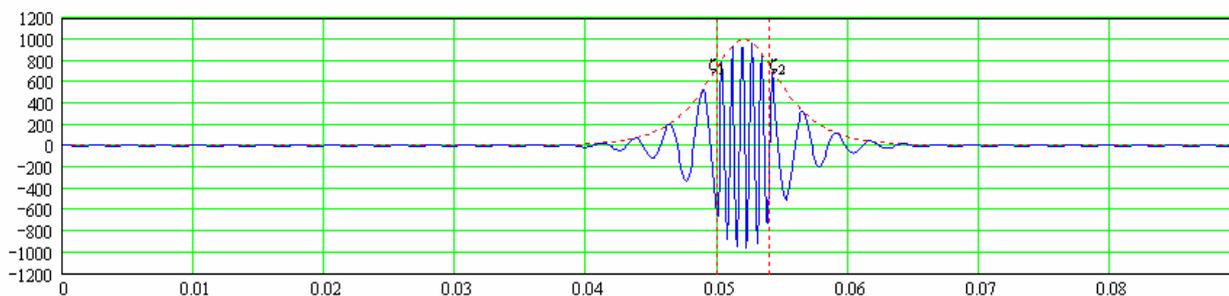


Рис. 8. Осциллограмма сигнала в трещине

Распространение акустической волны в металле после трещины.

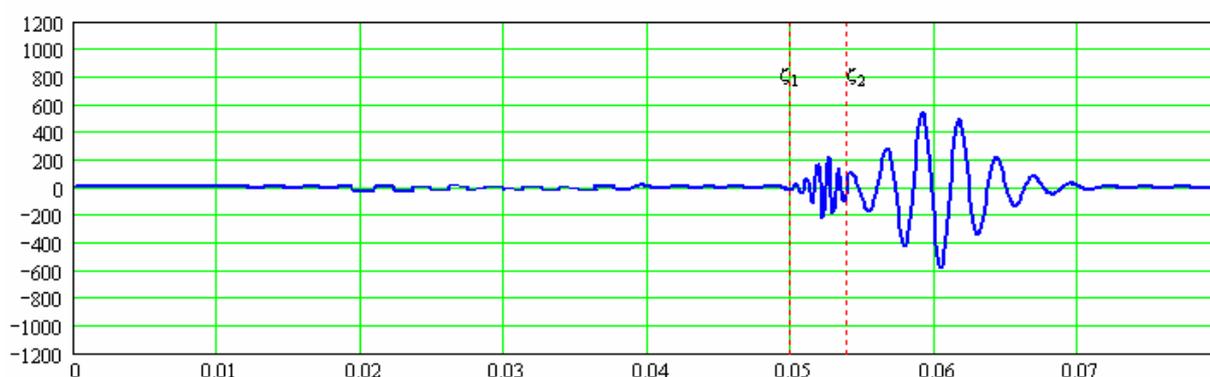


Рис. 9. Осциллограмма сигнала в металле после трещины

Осциллограмма для приемника.

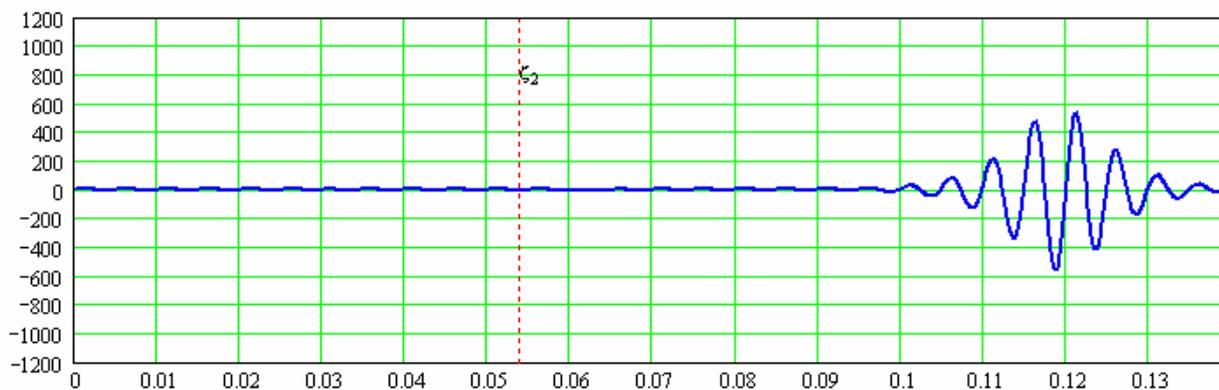


Рис. 10. Осциллограмма сигнала поступающего в приемник

Приведенные выше исследования позволяют проектировать как первичные преобразователи для виртуальных приборов неразрушающего контроля, так и алгоритмы измерения, в том числе и для проверки качества сварных соединений.

Количественный контроль качества сварных соединений одна из важнейших проблем

сегодняшнего дня как на малых предприятиях, занимающихся монтажом различных металлоконструкций, так и крупных предприятий, занимающихся изготовлением сложных металлоконструкций. Для контроля качества и там и там применяются в основном дефектоскопы. Однако не все дефектоскопы могут давать количественную оценку размеров дефекта (длину тре-

щины, диаметр пузырька и т. д.). Дефектоскопы же, которые позволяют давать количественные характеристики дефектов представляют собой сложные и громоздкие приборы. Оперативное применение таких дефектоскопов возможно только в стационарных условиях. Нами разработан макет переносного прибора, который состоит из ноутбука и первичного преобразователя (см. рис. 11). Основной отличительной особенностью первичного преобразователя являются его габариты (в собранном виде – это размеры компьютерной мышки), что позволяет поместить излучатель в труднодоступные места в том числе и отверстия, а, самое главное, осуществить стопроцентный контроль сварных соединений сложных конструкций, имеющих большое количество сварных швов малой длины (фермы, опоры линий электропередач и т. п.)

Возможности измерения количественных характеристик дефектов этим преобразователем практически не ограничены из-за предусмотренной возможности подключения к ЭВМ большой мощности. С целью обеспечения автономности, оперативности и мобильности системы, она оснащена миниатюрным дисплеем, микро-клавиатурой, источником питания и интерфейсом связи с ЭВМ. Предложенное схемное решение обеспечивает низкое энергопотребление ~ 100 мВт, что позволяет контроллеру исследовать большое количество швов, а при обнаружении дефекта подключиться к ноутбуку и более детально промерить размеры дефекта.

Применение микропроцессорного контроллера позволяет существенно сокращать количество электронных компонент, реализуя их программными средствами.

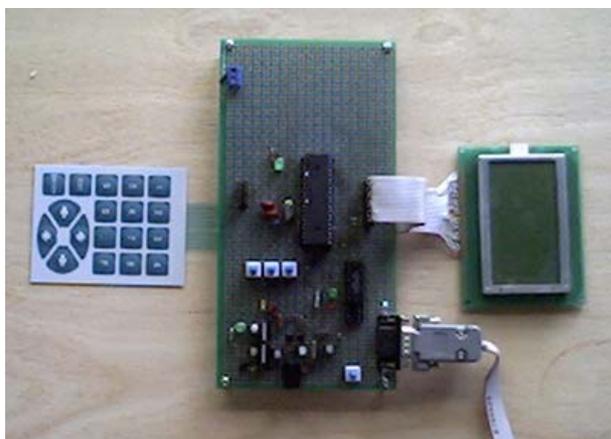


Рис. 11. Экспериментальный образец первичного преобразователя

В состав принципиальной схемы входит МК PIC18F452, графический дисплей MT12864A, блок программатора на транзисторах VT1-VT3, микросхема K555АП5 канала связи с ЭВМ, АЦП ADS931, АЦП DAC908, усилитель AD823, клавиатура КН-18.

Структурная схема (см. рис. 12) показывает, что предлагаемый первичный преобразователь должен выполнять функции микро – акустической измерительной системы. Технические характеристики этой системы ограничиваются параметрами элементов, входящих в принципиальную схему и, прежде всего, рабочей частотой (от 1 до 200 МГц). Метрологические характеристики измерительной системы, при этом, определяется алгоритмами измерений, которые реализуются в большой ЭВМ и алгоритмами первичной обработки цифровой информации, которые реализованы в контроллере. Верхняя оценка точности измерений составляет около 0,4 % (при частоте 4 МГц).



Рис. 12. Структурная схема первичного преобразователя измерительной системы

В настоящее время контроллер может накапливать до 64 килобайт информации, что достаточно для хранения 10 осциллограмм и реализации алгоритмов обнаружения дефектов. Однако цифровую обработку осциллограммы (или томограммы), а так же статистическую обработку и долговременное хранение информации целесообразно осуществлять с помощью ЭВМ. В качестве канала связи использован LPT порт, так как он совместим по электрическим параметрам с микроконтроллером. Кроме того, по поэтому же каналу может осуществляться программирование МК, то есть установка на нем программного обеспечения (ПО) и оперативная его корректировка.

Миниатюрный графический дисплей служит для отображения текущего состояния первичного преобразователя и формы принятого сигнала. АЦП формирует 8 разрядов, а дисплей отображает только 4. На дисплее отображается так же: номер и параметры режимов работы преобразователя, задержка развертки относи-

тельно момента излучения и динамический диапазон. Функции программного обеспечения ЭВМ, в основном, определяются формированием протокола управления и обмена информацией с МК, программированием МК, занесением начальной информации в энергонезависимое запоминающее устройство (ЭНЗУ), накопление, а главное, статистическая и цифровая обработка измерительной информации по выбранным алгоритмам измерения. Функции программного обеспечения МК несколько проще и заключаются в реализации циклограмм режимов измерения, поддержание протокола управления и информационного обмена с ЭВМ, опрос клавиатуры, формирование текстовой и графической информации на дисплее.

Управление измерительной системой осуществляется с помощью клавиатуры, подключенной к контроллеру. Определенные клавиши и их комбинации формируют управляющие команды в автономном режиме работы системы.

Высокочастотные цифроаналоговые (ВЦАП) и аналогоцифровые (ВАЦП) преобразовате-

ли управляются контроллером. Взаимодействуя с пьезоэлектрическим излучателем и приемником (ПЭИ, ПЭП) они реализуют процессы излучения и приема ультразвуковых сигналов.

Разработанная структура измерительной системы способна обеспечить частоту измерения звуковых колебаний до 4 МГц, что соответствует пространственному разрешению 0.4 мм. Такое значение разрешающей способности не позволит непосредственно идентифицировать тонкие трещины. Однако применение стробирующих и резонансных методов зондирования в принципе может повысить разрешающую способность системы до требуемого значения и тем самым идентифицировать воздушные раковины и не металлические включения. Прибор может быть использован не только для оценки качества сварного соединения, но и как стенд для обучения студентов, специалистов повышающих свою квалификацию. Контактные адреса разработчиков: shevchuk@vfmei.ru

УДК 004.056.5

Д. В. Быков, В. С. Лукьянов

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОТОКОЛА ДИАЛОГА TLS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ШИФРОВАНИЯ

Волгоградский государственный технический университет (mitril@list.ru, ecmsys@vstu.ru)

В статье описывается назначение и область применения протокола TLS и дается описание работы протокола диалога TLS. Рассматриваются особенности протокола диалога, ограничивающие применение протокола TLS на территории РФ. Приводится список изменений, которые необходимо внести, для устранения данных ограничений.

Ключевые слова: протокол TLS, протокол диалога TLS, сертификат, спецификация шифра, X.509v3, мастер ключ, псевдослучайная функция, хэш-функция.

D. V. Bykov, V. S. Lukyanov

FEATURES OF REALIZATION OF THE TLS DIALOGUE PROTOCOL WITH USE OF DOMESTIC ENCRYPTION STANDARDS

In article it is described purpose and scope of TLS protocol using and it is given the description of the functioning of the TLS dialogue protocol. There are considered particularities of the dialogue protocol, limiting the use of TLS protocol on the territory of RF. It is given the list of the changes, which are necessary for eliminating limits.

TLS protocol, TLS dialogue protocol, certificate, cipher specification, X.509v3, master key, pseudorandom function, hash-function.

На транспортном уровне аутентичность, конфиденциальность и целостность потоков данных, в настоящее время, обеспечивается, в основном, протоколом TLS (Transport Layer Security – защита транспортного уровня, в соответствии с международным стандартом RFC 2246), который был разработан на базе протокола SSL (Secure Socket Layer – уровень защищенных сокетов).

Протокол TLS обеспечивает защиту данных между сервисными протоколами (такими как HTTP, NNTP, FTP и т. д.) и транспортными протоколами (TCP/IP). Не секрет, что можно без особых технических сложностей просматривать данные, которыми обмениваются между собой клиенты и серверы. Был даже введен специальный термин для этого – "sniffer". В связи с увеличением объема использования Интернета в коммерческих целях, неизбежно вставал вопрос о защите передаваемых данных. Появление такого протокола как TLS было вполне закономерным явлением, так как при нем остаются все возможности сервисных протоколов (для программ-серверов), плюс к этому все данные передаются в зашифрованном виде. Следует отметить, что TLS не только обеспечивает защиту данных в Интернете, но также производит аутентификацию сервера и клиента.

Протокол TLS, в соответствии с международным стандартом RFC 2246, предполагает использование международных алгоритмов генерации ключей, шифрования, цифровой под-

писи, аутентификации, хеширования, таких как RC2, RC4, IDEA, DES, AES и др. Это не соответствует российским требованиям, предъявляемым к средствам криптографической защиты информации.

Поэтому, важной особенностью данной работы является то, что все предлагаемые алгоритмы шифрования, обмена секретными кодами для шифрования, вычисления хэш-функции, псевдослучайной функции, генерации мастер секретного ключа соответствуют отечественным криптографическим стандартам шифрования и ЭЦП (электронно-цифровой подписи).

Протокол TLS можно разделить на два уровня: протокол диалога TLS и протокол записи TLS. Протокол диалога TLS обеспечивает безопасное соединение, которое имеет три базовых свойства:

- Идентичность партнеров может быть выявлена с использованием криптографических алгоритмов по ГОСТ Р 34.10-94 или ГОСТ Р 34.10-2001. Эта аутентификация может быть необязательной, но она необходима, по крайней мере, для одного из партнеров.

- Выявление общего секретного кода является безопасным: этот секретный код недоступен злоумышленнику, даже если он сможет подключиться к соединению.

- Атакующий не может модифицировать соединение, без того чтобы быть обнаруженным партнерами обмена

В процессе диалога происходит обмен следующими сообщениями:

Таблица 1

Обмен сообщениями в процессе диалога

Клиент		Сервер
	←	Сообщение-запрос сервера*
Приветствие клиента	→	
	←	Приветствие сервера
	←	Сертификат*
	←	Ключевой обмен сервера*
	←	Запрос сертификата клиента*
	←	Завершение обмена приветствиями
Сертификат *	→	
Ключевой обмен клиента	→	
Подтверждение сертификата клиента*	→	
[Изменение шифровой спецификации]	→	
Сообщение об окончании диалога	→	
	←	[Изменение шифровой спецификации]
	←	Сообщение об окончании диалога
Прикладные данные	↔	Прикладные данные

* отмечает необязательные или зависящие от ситуации сообщения, которые посылаются не всегда.

[] отмечает сообщения, посылаемые в процессе диалога, но не являющиеся сообщениями диалога.

Клиент посылает сообщение приветствия, на которое сервер должен также откликнуться своим сообщением приветствия, в противном случае возникает ситуация фатальной ошибки, и соединение разрывается. Сообщения приветствия клиента и приветствия сервера используются для установления более безопасного взаимодействия клиента и сервера. Сообщения приветствия клиента, приветствия сервера устанавливают следующие атрибуты: версия протокола, ID-сессии (идентификатор сессии), шифровой набор и метод сжатия. Кроме того, партнеры генерируют и пересылают друг другу два случайных числа.

Вслед за сообщениями приветствия, сервер, если он должен быть аутентифицирован, посылает свой сертификат. Кроме того, если необходимо, может быть послано сообщение ключевого обмена (например, если сервер не имеет сертификата, или если его сертификат служит только для подписи). Если сервер аутентифицирован, он может затребовать сертификат от клиента, если выбран соответствующий шифровой набор. После этого сервер пошлет сообще-

ние завершения обмена приветствиями, указывающее, что фаза диалога приветствий завершена. Сервер ждет отклика клиента. Если сервер послал сообщение сертификатного запроса, клиент должен послать сообщение сертификата. Сообщение ключевого обмена клиента послано, и его содержимое зависит от алгоритма с общедоступным ключом, который выбрали клиент и сервер при обмене сообщениями приветствия. Затем может быть послано сообщение верификации сертификата клиента (если было послано сообщение сертификата клиента).

В этой точке клиентом посылается сообщение об изменении спецификации шифра, и клиент копирует записанную шифровую спецификацию в текущую спецификацию. После этого клиент немедленно посылает сообщение об окончании диалога для новых алгоритмов, ключей и секретных кодов. В качестве отклика сервер пошлет свое сообщение об изменении шифровой спецификации, перенесет записанную шифровую спецификацию в текущую, и пошлет свое сообщение об окончании диалога с использованием новой шифровой спецификации. В этой точке диалог завершается, а клиент и сервер могут начать обмен прикладными данными.

Реализация протокола диалога с использованием отечественных алгоритмов шифрования содержит некоторые ключевые отличия от базового стандарта TLS. Рассмотрим их подробнее:

1. В процессе диалога никогда не передается сообщение о ключевом обмене сервера. Это связано с тем, что вся необходимая информация, необходимая клиенту, передается в сообщении сертификата сервера. Сообщение сертификата сервера, напротив, передается всегда, т. к. оно содержит сертификат формата x509.v3, чьи параметры необходимы для аутентификации партнеров соединения, последующего обмена предварительными мастер ключами и генерации общего секретного мастер ключа;

2. Изменен формат сообщений приветствия. В новой реализации он следующий:

1) версия (client_version) – максимальная (самая поздняя) версия протокола, поддерживаемая клиентом;

2) случайное значение (random) – генерируемая клиентом случайная структура, содержащая 32-битовую метку даты/времени и 28 байт, сформированных безопасным генератором случайных чисел;

3) идентификатор сессии (`session_id`) – Идентификатор переменной длины для данной сессии;

4) список криптографических опций (шифровая спецификация, `cipher_suite`), поддерживаемых клиентом в порядке предпочтения. Содержит следующие поля:

а) поле, определяющее метод обмена ключами `CipherSuite`. Допустимые значения:

- метод обмена ключами по ГОСТ 34.10-94;
- метод обмена ключами по ГОСТ 34.10-2001.

б) поле, определяющее параметры шифрования `CipherSpec`. Состоит из следующих полей:

1) алгоритм массового шифрования:

алгоритм по ГОСТ 28147-89;

данные не шифруются.

2) алгоритм вычисления MAC (алгоритм аутентификации сообщений):

алгоритм по ГОСТ 28147-89 (режим выработки имитовставки);

алгоритм по ГОСТ Р 34.11-94.

3) тип шифра:

поточный;

блочный.

4) признак экспортируемости:

истина;

ложь.

5) длина хэш-кода;

б) параметры вычисления ключей – последовательность байтов, содержащих данные, используемые при генерации ключей записи;

7) длина инициализированного значения для шифрования в режиме CBC (режим сцепления блоков).

5) список методов сжатия (`compression_methods`) – для данной реализации содержит значение NULL.

3. Основные изменения коснулись алгоритмов обмена ключами. В данной реализации это либо алгоритм по ГОСТ 34.10-94, либо по ГОСТ 34.10-2001. В связи с этим изменился алгоритм вычисления секретного мастер ключа:

Клиент генерирует предварительный мастер ключ, шифрует и посылает его серверу. Эти действия выполняются в соответствии с выбранным методом обмена ключами. Сервер дешифрует полученное сообщение также в соответствии с выбранным методом обмена ключами.

Клиент и сервер должны сгенерировать мастер ключ на основе полученного предварительного мастер ключа.

$$A = \text{PRF}(B, C, D + E), \quad (1)$$

где A – секретный мастер ключ (`master_secret`);

PRF (Pseudo Random Function – псевдослучайная функция) – функция, вычисляемая с использованием ГОСТ Р 34.11-94;

B – предварительный мастер ключ (`pre_master_secret`);

C – строка "master secret";

D – случайное значение, выработанное клиентом и посланное им в сообщении `ClientHello` (приветствие клиента);

E – случайное значение, выработанное сервером и посланное им в сообщении `ServerHello` (приветствие сервера).

Также изменился алгоритм вычисления параметра в сообщении об окончании диалога.

Структура сообщения:

$$\text{Finished} = \text{PRF}(A, B, \text{GOSTR3411}(C)), \quad (2)$$

где `Finished` – сообщение об окончании диалога;

PRF (Pseudo Random Function – псевдослучайная функция) – функция, вычисляемая с использованием ГОСТ Р 34.11-94;

A – мастер секретный ключ, выработанный сервером и клиентом (`master_secret`);

B – строка "client finished", либо "server finished" (зависит от отправителя);

GOSTR3411 – хэш-функция, вычисляемая в соответствии с ГОСТ Р 34.11-94;

C – последовательность кодов и длин всех сообщений, отправленных и полученных с момента отправки сообщения `ClientHello`, за исключением текущего сообщения `Finished`.

В случае возникновения ошибок в процессе диалога или компрометации соединения клиент и сервер должны уничтожить все параметры шифрования, соответствующие соединению, и больше их не использовать.

Не смотря на введенные изменения, данный протокол соответствует всем процедурам и уровням стандартного протокола диалога TLS и, следовательно, удовлетворяет международному стандарту.

На основе предложенного варианта реализации протокола TLS создается возможность использования его в разнообразных сетях передачи данных на базе отечественных стандартов шифрования.

УДК 651.2

*В. С. Лукьянов, А. В. Скакунов***ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА****Волгоградский государственный технический университет (ecmsys@vstu.ru, Skakunov.A@volgablob.ru)**

В статье описывается проблема совместимости при организации международного электронного документооборота и приводятся варианты ее решения.

Ключевые слова: электронный документооборот, ИОК-системы, ЭЦП, удостоверяющий центр.

*V. S. Lukjanov, A. V. Skakunov***ORGANIZATION PROBLEMS OF INTERNATIONAL ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT**

In the article we declare the organization problems of international electronic document management and bring to problem-solving. Electronic document circulation, the electronic digital signature, the certifying centre.

Глобализация экономики привела в движение гигантские потоки людей, товаров, транспорта и финансовых ресурсов. Это вызывает естественное стремление населения разных стран получать качественные юридически значимые информационные услуги в любой точке земного шара.

Юридическая значимость электронных документов обеспечивается применением технологии электронной цифровой подписи (ЭЦП) в рамках инфраструктуры открытых ключей (ИОК). Следовательно, для формирования единого мирового пространства, охваченного защищенным электронным документооборотом, необходимо и достаточно обеспечить совместимость национальных ИОК-систем.

Российская нормативно-правовая база, регулирующая отдельные аспекты ЭЦП, ИОК и защищенного электронного документооборота, к сожалению, имеет ряд проблем, затрудняющих практическое применение этих технологий. Основным документом, регулирующим применение ЭЦП в России, является Федеральный Закон (ФЗ) "Об электронной цифровой подписи" [1].

Отсутствие в этом ФЗ четкой позиции государства по ряду принципиальных вопросов проблемной области, задерживает их практическое решение и, в результате, сдерживает развитие технологии, имеющей большой экономический потенциал.

В частности, нерешенным остается вопрос о применении международных технологических стандартов и алгоритмов. Это особенно актуально в условиях процесса вступления России в ВТО и, прежде всего, для транснациональных компаний. Но даже при более совершенном правовом регулировании со стороны государства, большое число вариантов применения стандартов PKI, позволяют скомпоновать конечную систему электронного документооборота различными способами. Это привело к тому, что национальные PKI-системы прак-

тически несовместимы.

Выходом из ситуации могло бы послужить создание иерархической PKI-системы, подчиненной единому корневому УЦ. Но из-за отсутствия четкого регулирования деятельности УЦ даже внутри страны и желания местных властей иметь свои региональные изолированные центры, трудно говорить о возможности построения действующей иерархии удостоверяющих центров, объединяющей гетерогенные международные PKI-системы.

Другим фактором, затрудняющим создание единого пространства доверия в рамках одной иерархической сети УЦ, является применение разных криптографических алгоритмов для формирования и проверки ЭЦП, что исключает совместимость даже при использовании общих форматов передаваемых данных. В этом случае даже теоретическое существование единого УЦ не решило бы проблему. Выбор общего алгоритма крайне затруднен из-за различия в законодательствах стран.

В настоящей работе предлагается вариант технологического решения в области трансграничных PKI-коммуникаций на основе концепции "электронного нотариата" (ЭН), позволяющий сохранить национальные домены доверия при межгосударственной пересылке документов с ЭЦП.

"Электронный нотариат" может быть как дополнительным сервисом в составе УЦ, так и отдельным модулем, выполняющим следующие функции [2, 3]: проверка статуса сертификата (OCSP), выработка квитанции со штампом времени (TSP), проверка действительности ЭЦП на данный момент времени и удостоверение обладания информацией с или без ее представления сервису (DVCS).

Все операции выполняются с использованием одного или нескольких криптографических ядер. При наличии в ЭН криптоядер от различных производителей средств комплексной защиты информации (СКЗИ), реализующих множе-

ство криптографических алгоритмов, достигается возможность проверки действительности ЭЦП под документами, сформированными в различных странах. Таким образом, механизм доверенного "электронного нотариата", в который вовлечены страны-участники защищенного электронного документооборота, решает проблему отсутствия совместимости между действующими национальными криптографическими стандартами и реализующими их СКЗИ.

Еще одним преимуществом использования технологии ЭН является арбитраж процедуры простановки подписи под документом на текущий момент, что позволяет использовать при разборе возникающих конфликтных ситуаций истинное значение времени формирования ЭЦП.

Классический УЦ в регламенте использования ограничивает время хранения сертификата ключа, необходимого для проверки подписи под документами, несколькими годами, что при международном взаимодействии может быть явно недостаточно. Применение технологии ЭН решает эту проблему. Наличие DVC-квитанций по проверке ЭЦП позволяет делать выводы о действительности ЭЦП уже после истечения времени действительности сертификата, который участвовал в выработке подписи. Данное свойство объясняется тем, что срок ликвидности сертификата ЭН (DVCS), которым заверена квитанция, более продолжительный и существуют механизмы пролонгации квитанций.

Описанный технический вариант решения подразумевает построение сети с ЭН в соответствии с одной из принятых архитектур. Наиболее подходящей архитектурой сети ЭН является иерархическая структура с сетевой моделью доверия. Процедура кросс-сертификации различных нотариатов, входящих в эту сеть, не должна вызвать проблем из-за совместимости на уровне криптографических алгоритмов, а сетевая модель доверия позволит балансировать

нагрузку на отдельные узлы сети, динамически перераспределяя заявки абонентов.

Инициатором создания международной сети ЭН в 2006 году стало агентство Росинформтехнологии. Было предложено создать Международную Ассоциацию удостоверяющих центров электронного нотариата. Кроме того, агентство Росинформтехнологии планирует вынести данную проблему для рассмотрения на встрече в формате G-8.

С организационной точки зрения внедрение технологии "электронного нотариата" требует внесения изменений в международное право. Первые попытки создания международного соглашения подобного рода были предприняты в 2005 году, когда была разработана "Конвенция об использовании электронных сообщений в международных договорах". Но этот документ обладал рядом существенных недостатков, не позволившим ему стать нормативной основой межгосударственного взаимодействия.

На основании изложенного можно считать, что вопрос трансграничного РКІ-взаимодействия достаточно успешно решается на технологическом уровне, но требует коррекции международной нормативной базы, а именно – принятия стандарта, регулирующего права и обязанности участников международного электронного документооборота. Создание такого стандарта требует активного диалога между разработчиками СКЗИ, законодательными и исполнительными органами разных стран.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10 января 2001 г. № 1-ФЗ "Об электронной цифровой подписи".
2. Дрожжинов В. Достроена пирамида региональной информатизации // PC Week. – 2006. – № 46.
3. Лосев С. ЭЦП: между правом и технологией // "Корпоративные системы". – 2006. – № 5.

УДК 651.2

А. В. Скакунов

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМ ПОТОКОМ И БАЛАНСИРОВКА НАГРУЗКА В СЕТИ С УЦ

Волгоградский государственный технический университет (Skakunov.A@volgablob.ru)

В статье приводится подход к расчету интегрального критерия балансировки нагрузки в сети с Удостоверяющими центрами.
Ключевые слова: управляющий центр, Критерий балансировки нагрузки в сети, управление информационным потоком.

A. V. Skakunov

DATAFLOW MANAGEMENT AND LOAD BALANCING IN CERTIFICATION AUTHORITY NETWORKS

In the article describe the calculation of integral test of load balancing in Certification Authority networks approach.
 The certifying centre, Criterion of balancing of loading in a network, Management of an information stream.

В последнее время технология организации защищенного юридически значимого докумен-

тооборота при помощи Удостоверяющих Центров (УЦ) приобретает в России все большую

популярность. Наряду с развитием этого комплексного подхода к защите информации, встает вопрос об управлении циркулирующим в сети УЦ информационным потоком.

Данные, передаваемые между управляющими компонентами Удостоверяющего Центра (УК УЦ), представляют собой объекты Инфраструктуры Открытых Ключей – ИОК (английский термин, Public Key Infrastructure – PKI). В большинстве своем эти сообщения имеют небольшой объем (порядка нескольких Кб) и достаточно большую интенсивность, что приводит к загрузке УК УЦ. Поток входных данных, поступающий на УК УЦ, трудно описать аналитически, так как он имеет не только резкие трудно прогнозируемые временные перепады нагрузки, но и зависит от доступности линии связи и аппаратного обеспечения узла. С учетом этих обстоятельств можно допустить возможность формирования потока на основе данных о среднесуточных колебаниях нагрузки и моделирования ситуации отказа узла и/или линии связи.

За вектор среднесуточных колебаний было принято почасовое распределение на основе экспериментальных данных, которое представлено на рис. 1 [1].



Рис. 1. Изменение нагрузки на УК УЦ в течении суток

За основу балансировки нагрузки предлагается принять матричный подход нахождения кратчайших путей на направленном графе со взвешенными связями [2,3]. В этом методе длина связи является основным критерием оптимизации. В случае балансировки нагрузки в сети с УЦ этого показателя явно недостаточно, по этому для поиска оптимальных для перераспределения информационного потока узлов введен интегральный критерий, вычисляющийся по формуле:

$$\pi = \frac{1}{D_h} \frac{P_h}{P_{hMAX}} \frac{S_h}{S_{hMAX}} \frac{T_{hMAX}}{T_h} \quad (1)$$

где: D_h – безразмерный показатель доступности УК УЦ (1-центр доступен, при недоступности коэффициент D_h стремится к 0);

P_h – текущая нагрузка УК УЦ (сообщений/час);

P_{hMAX} – максимальное значение текущих нагрузок среди всех УК УЦ;

S_h – экономический показатель, характеризующий финансовые издержки, возникающие при эксплуатации узла (в рублях или других денежных единицах);

S_{hMAX} – максимальное значение экономического показателя для всех УК УЦ;

T_h – технический показатель УК УЦ, характеризующий мощность аппаратного обеспечения. Определяется путем проведения единых тестов аппаратного обеспечения и сведения их количественных показателей к интегральному показателю, одинаково рассчитываемому для всех УК УЦ;

T_{hMAX} – максимальное значение технического показателя среди всех УК УЦ.

Еще одним входным элементом данных, необходимым для балансировки нагрузки является матрица состояний линий связи $L = \|l_{i,j}\|$, симметричная относительно главной диагонали, т. е. $l_{i,j} = l_{j,i}$.

Элементы матрицы адаптивной балансировки нагрузки первого порядка $B^1 = \|b^1_{i,j}\|$ определяется, как результат деления интегрального критерия i -ого узла (π_i) на показатель доступности линии связи с j -ым узлом ($l_{h,j}$):

$$b^1_{i,j} = \pi_i / l_{i,j} \quad (2)$$

Следующим шагом в матричном методе является возведение B^1 в квадрат: $B^2 = B^1 B^1$. Тогда для вычисления элементов новой матрицы справедлива формула:

$$b^2_{i,j} = \sum_{k=1}^N b^1_{i,k} b^1_{k,j} = b^1_{i,1} b^1_{1,j} + b^1_{i,2} b^1_{2,j} + \dots + b^1_{i,N} b^1_{N,j} \quad (3)$$

Анализ выражения (2) показывает, что простое перемножение элементов матрицы не приведет к нужному результату. В данной формуле для подсчета $b^2_{i,j}$ необходимо операцию умножения заменить на операцию сложения, т. е. вместо $b^1_{i,k} b^1_{k,j}$ следует писать $b^1_{i,k} + b^1_{k,j}$. При наличии нескольких одно- и двухтранзитных путей для определение оптимального варианта перераспределения нагрузки между узлами следует операцию сложения заменить операцией выбора из всех

значений коэффициента балансировки минимального, тогда формула (3) принимает вид:

$$\begin{aligned} b_{i,j}^2 &= \min_{k=1,\dots,N} (b_{i,k}^1 + b_{k,j}^1) = \\ &= \min_{k=1,\dots,N} [(b_{i,1}^1 + b_{1,j}^1); \\ &(b_{i,2}^1 + b_{2,j}^1); \dots; (b_{i,N}^1 + b_{N,j}^1)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, элемент $b_{i,j}^2$ является минимальным коэффициентом балансировки от узла УК i к узлу УК j среди всех одно- и двух-транзитных путей. Итерационный процесс возведения матрицы B^1 в степень можно представить следующими формулами: $B^r = B^{r-1} B^1$, с элементами матрицы:

$$\begin{aligned} b_{i,j}^r &= \min_{k=1,\dots,N} (b_{i,k}^{r-1} + b_{k,j}^1) = \\ &= \min_{k=1,\dots,N} [(b_{i,1}^{r-1} + b_{1,j}^1); \\ &\dots; (b_{i,N}^{r-1} + b_{N,j}^1)], \end{aligned} \quad (5)$$

которые будут равны минимальному коэффициенту балансировки среди всех одно-, двух-, и r -транзитных путей. При наличии в сети N узлов, число транзитных ветвей в пути не может превышать $N-1$. Следовательно, для составления результирующей матрицы балансировки нагрузки может потребоваться выполнение $r \leq N-1$ вычислений. Условием, по которому следует прекращать итерационный процесс поиска матрицы балансировки, является равенство: $B^r = B^{r-1}$. Это равенство означает, что балансировка сети оптимальна при $r-1$ транзитном узле и рассмотрение более длинных транзитных цепочек не приведет к дальнейшей оптимизации нагрузки на УК УЦ.

В матричном методе не предусмотрено запоминание промежуточных транзитных узлов балансировки нагрузки, вследствие чего конечная матрица не содержит информации о пути перераспределения информационных потоков.

Чтобы отследить эти пути существует несколько методов, в частности, построение дисперсионных матриц или деревьев путей.

Модификация матричного метода, предложенная в работе, состоит в том, что на каждом шаге построения матрицы балансировки B^1 в дополнительной матрице запоминаются промежуточные транзитные узлы. Строки матрицы соответствуют узлам УК УЦ, а столбцы – номерам транзитных узлов.

Проведенное имитационное моделирование, соответствующее предложенному модифицированному матричному методу, позволило получить результаты балансировки нагрузки на УК УЦ для территориально-распределенной сети, узлы которой располагались в различных часовых поясах.

Суточные колебания нагрузки УК УЦ сведены на рис. 2.

Если выбрать час моделирования, равный 17.00, то можно видеть (рис. 3), что узлы ЦС0, ЦС1 и ЦС2 перегружены, а ЦС5 – недоступен ($D_h = 0$).

В результате многократного прогона цикла балансировки, вырабатываются пути перераспределения нагрузки, после чего диаграмма загрузки УК УЦ принимает, указанный на рис. 4.

Из приведенных результатов моделирования можно сделать вывод, что разработанная модель динамической балансировки нагрузки сети учитывает основные характеристики работы УЦ, позволяя оптимально перераспределить входной информационных поток на ее управляющих компонентах. В результате балансировки не только снимается избыточная загрузка с УК УЦ, но и происходит перераспределение входного потока с недоступных узлов.

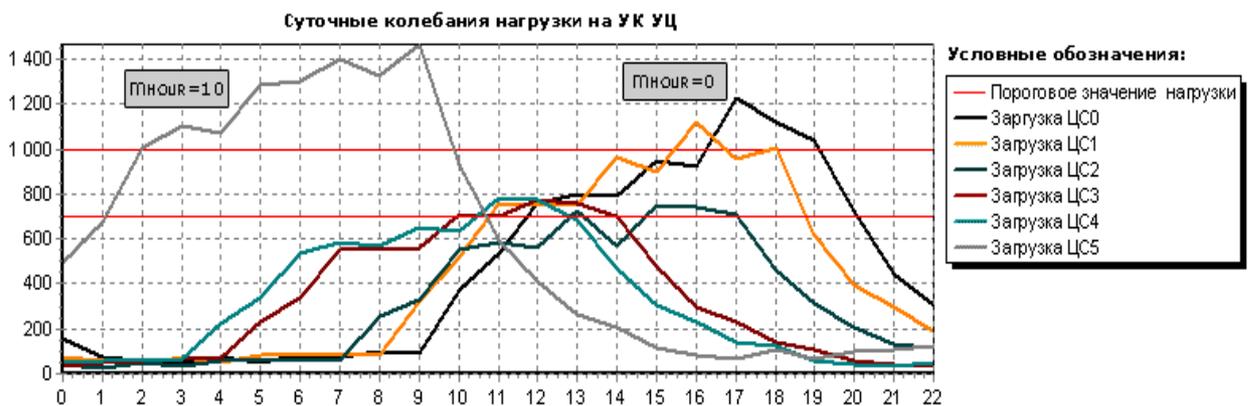


Рис. 2. Суточные колебания нагрузки на УК УЦ

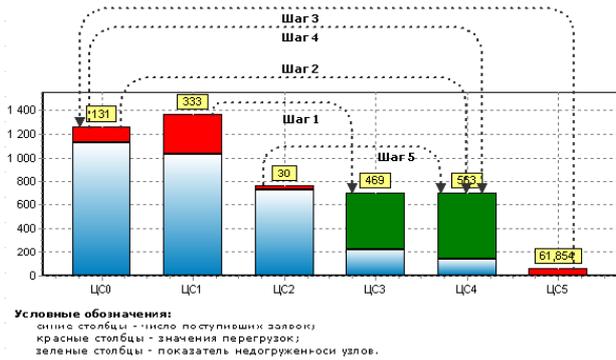


Рис. 3. Пути перераспределения избыточной нагрузки

Матрица доступности, используемая при моделировании, позволяет учесть зависимость от качества линии связи, что актуально, как при работе через Интернет-провайдеров в сети общего пользования, так и в случае сети корпоративного УЦ, действующего в ЛВС или распределенной VPN-сети. Модификация матричного подхода нахождения оптимальных для принятия избыточной нагрузки узлов и введение интегрального показателя, позволяют сформировать нотации для переключения нагрузки не

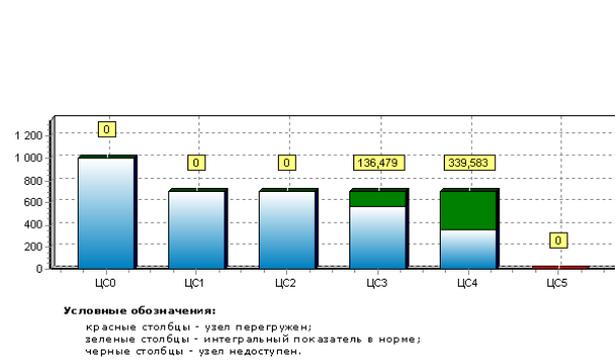


Рис. 4. Перераспределенная нагрузка на УК УЦ

только на выгодный УК УЦ, но и организовать маршрут перераспределения, состоящий из нескольких транзитных узлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаров Г. П. Методы исследования сетей передачи данных, М.: Радио и связь, 1982. – 208 с., ил.
2. Вишневецкий В. И. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003, 512 с.
3. Лазарев В. Г., Лазарев Ю. В. Динамическое управление потоками информации в сетях связи – М.: Радио и связь. 1983. – 216 с. ил.

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ
Волгоградского государственного технического университета
№ 2(28), 2007 г.

Серия "АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ "
Выпуск 2

Межвузовский сборник научных статей

Издание отпечатано в авторской редакции

Компьютерная верстка *Т. Е. Малютиной*

Темплан выпуска заказных изданий 2007 г. Поз. № 21.

Лицензия ИД № 04790 от 18.05.2001.

Подписано в печать 10.04.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,96. Уч.-изд. л. 13,80.

Тираж 200 экз. Заказ 296.

Волгоградский государственный технический университет.
400131 Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 28.

РПК "Политехник"

Волгоградского государственного технического университета
400131 Волгоград, ул. Советская, 35.

В сборнике научных статей "Известия ВолгГТУ", серии "Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах" публикуются статьи, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований и представляют научный и практический интерес для широкого круга специалистов в области вычислительной техники и информатики.

Вопрос об опубликовании статьи или ее отклонении решает редакционная коллегия сборника, которая утверждается ректором университета, ее решение является окончательным. Редакция направляет представленный для издания материал на рецензирование.

Рукопись должна быть набрана и сверстана в текстовом редакторе Word и распечатана на лазерном принтере в режиме полной загрузки тонера. Формат бумаги А4 (210×297 мм).

Для ускорения подготовки издания необходимо представлять файлы статей на дискетах или компакт-дисках (CD) в полном соответствии с распечатанным оригиналом. Дискета должна быть вложена в отдельный конверт, на этикетке дискеты указываются фамилии авторов статьи.

При наборе текста следует соблюдать следующие требования: поля – верхнее – 2,0 см, нижнее – 3,0 см, левое – 2,5 см, правое – 2,5 см; шрифт Times, кегль 14, интервал полуторный.

Текст набирается с применением автоматического переноса слов, перед знаками препинания (в том числе внутри скобок) пробелы не допускаются, после них ставится один пробел. Разрядка слов не допускается, следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, рисунков, таблиц. Для набора символов в формульном редакторе MS Equation (MS Word) использовать установки (Стиль/Размеры) только по умолчанию; рисунки должны быть выполнены в редакторах векторной графики, таких как CorelDRAW или в любом приложении к Word. Допускается сканирование рисунков в программе Microsoft Photo Editor.

Инициалы и фамилия автора (авторов) пишутся над заглавием статьи. Ниже заглавия, перед основным текстом, указывается организация или предприятие, в котором работает автор статьи. В конце статьи ставится полное название учреждения, которое рекомендует статью для публикации, дата и подпись автора (всех авторов).

Литературные ссылки должны быть оформлены в соответствии с ГОСТом 7.1–2003 "Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления". Библиографический список использованной литературы, составленный в порядке упоминания в тексте, дается в конце статьи; связь с основным текстом осуществляется цифровым порядковым номером в квадратных скобках в строке. Подстрочные ссылки не допускаются.

Иностранные фамилии и термины в тексте следует приводить в русском переводе. В библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводится на языке оригинала.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

При обозначении единиц физических величин должна применяться Международная система единиц (СИ).

Объем статьи не должен превышать 8 страниц бумаги формата А4, включая таблицы и библиографический список; число рисунков – не более четырех, включая рисунки, помеченные буквами *a*, *b*, и т. д. Рекомендуется включать в сборник статьи с авторским коллективом не более четырех человек с участием каждого автора в одной–двух статьях.

Статьи должны представлять сжатое четкое изложение результатов, полученных автором без повторов приводимых данных в тексте статьи, таблицах и рисунках. К статье должны быть приложены: сведения об авторах (полные имя, отчество, фамилия, ученая степень, звание, домашний адрес, номера телефонов – служебного и домашнего, E-mail), документация, подтверждающая возможность ее открытого опубликования.