

*Журнал Научное обозрение.
Педагогические науки
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57475
ISSN 2500-3402*

Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 0,646

*Учредитель, издательство и редакция:
НИИЦ «Академия Естествознания»,
Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 410056, г. Саратов,
ул. им. Чапаева В.И., д. 56*

**Founder, publisher and edition:
SPC Academy of Natural History,
Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial address: 410056, Saratov,
V.I. Chapaev Street, 56**

*Подписано в печать 20.05.2019
Дата выхода номера 10.06.2019
Формат 60×90 1/8*

*Типография
НИИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 20.05.2019
Release date 10.06.2019
Format 60×90 8.1**

**Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Нестерова С.Г.
Корректор Галенкина Е.С.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2019/3
© НИИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: Н.Ю. Стукова
Editor in Chief: N.Yu. Stukova

Редакционная коллегия (Editorial Board)

**А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)
М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)
Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)
Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)**

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • PEDAGOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2019 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
литературные обзоры диссертаций,
статьи проблемного и научно-практического
характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00).

**Материалы XI Международной студенческой научной конференции
«СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ 2019»**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ИМПЛИКАТИВНОЙ АЛГЕБРЫ ВЫБОРА <i>Елизаров А.В., Покровский В.Г.</i>	7
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ ПО ЦВЕТОВЫМ ДАННЫМ, ПОЛУЧЕННЫМ С ИЗОБРАЖЕНИЙ <i>Зверева В.И., Зупарова В.В., Воронцов А.А.</i>	11
ТЕХНОЛОГИЯ BLOCKCHAIN ИЗНУТРИ: НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ <i>Зоткина А.А., Маркин Е.И., Бершадская Е.Г.</i>	15
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO <i>Искандаров Р.Н., Шубина Н.В.</i>	18
ВОЗМОЖНОСТИ ПЛИС АРХИТЕКТУРЫ FPGA ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИИ СЛОЖЕНИЯ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ <i>Кармышова Ю.В., Ушенина И.В.</i>	24
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ <i>Ликсина Е.В., Бершадская Е.Г.</i>	28
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ 5G-СЕТЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>Лукинов В.А.</i>	31
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ <i>Лысцов Н.А., Мартышкин А.И.</i>	35
ОБЗОР НЕКОТОРЫХ АКТИВАЦИОННЫХ ФУНКЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО НЕЙРОНА <i>Малышев А.Н., Данилов Е.А.</i>	39
РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <i>Маркин Е.И., Зупарова В.В., Сальников И.И.</i>	44
ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ <i>Марков Д.М., Маркова И.В., Воронцов А.А.</i>	48
СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ <i>Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И.</i>	51
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В ШИРОКОМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ <i>Медведев С.Ю., Козинев Е.И., Курносое В.Е.</i>	55
ОСОБЕННОСТИ ХРАНЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЛЯЦИОННЫХ СУБД <i>Одинокое Д.А., Артюшина Е.А.</i>	60
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ТРАССИРОВКИ ПУТЕЙ <i>Перевалов С.С., Данилов Е.А.</i>	66

МЕТОДЫ И ЭТАПЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА	
<i>Полюхин Д.А., Сальников И.И.</i>	71
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕМНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
<i>Прохновский М.А., Сальников И.И.</i>	75
МЕТОДЫ УПАКОВКИ ЗАДАННОГО ОБЪЕМА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ	
<i>Пузыренко А.Н., Сальников И.И.</i>	79
МЕТОДЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОТОКОВ В МНОГОПОТОЧНОМ ПРИЛОЖЕНИИ НА ЯЗЫКЕ C++	
<i>Раздобудов С.А., Мартышкин А.И.</i>	83
ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ	
<i>Ракита А.В., Сальников И.И.</i>	87
ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
<i>Супотницкий Е.С., Курносов В.Е., Андреева Т.В.</i>	91
УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ И РАБОЧЕЙ НАГРУЗКОЙ В АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	
<i>Терешкин Д.О., Мартышкин А.И.</i>	96
МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАДИОДИАПАЗОНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН	
<i>Хамадж Наср Еддин, Сальников И.И.</i>	101
РЕАЛИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ ФОРМ ФИНАНСИРОВАНИЯ	
<i>Чубаркина И.Ю., Шагунов С.Д.</i>	106
ЗНАЧИМОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ АВТОТРАНСПОРТА	
<i>Юсупов Б., Нарзуллаев К.</i>	110

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00).
Proceedings of the XI International Student's Scientific Conference
«STUDENT SCIENTIFIC FORUM 2019»

MODELLING AND STRUCTURAL OPTIMIZATION OF CONSTRUCTIONS OF ELECTRONIC EQUIPMENT ON THE BASIS OF THE IMPLICATIVE ALGEBRA OF CHOICE <i>Elizarov A.V., Pokrovskij V.G.</i>	7
RESEARCH OF VALUATION METHODS OF THE STATUS OF AGRICULTURAL CROPS ON THE COLOR DATA RECEIVED FROM IMAGES <i>Zvereva V.I., Zuparova V.V., Vorontsov A.A.</i>	11
TECHNOLOGY BLOCKCHAIN FROM INSIDE: NEW TECHNOLOGICAL REVOLUTION <i>Zotkina A.A., Markin E.I., Bershadskaya E.G.</i>	15
THE DESIGN OF THE MONITORING AND ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON ARDUINO MICROCONTROLLER <i>Iskandarov R.N., Shubina N.V.</i>	18
FPGA CAPABILITIES TO IMPLEMENT FLOATING-POINT ADDERS <i>Karmyshova U.V., Ushenina I.V.</i>	24
AUTOMATION OF THE PROCESS OF DEVELOPING VIRTUAL LABORATORIES <i>Liksina E.V., Bershadskaya E.G.</i>	28
PROBLEMS OF 5G TECHNOLOGY IN THE RUSSIAN FEDERATION <i>Lukinov V.A.</i>	31
NEURAL NETWORKS. APPLICATIONS AND PROSPECTS <i>Lystsov N.A., Martyshkin A.I.</i>	35
OVERVIEW OF SOME ACTIVATION FEATURES MATH NEURON <i>Malyshev A.N., Danilov E.A.</i>	39
RECOGNITION OF MANUAL TEXT WITH THE USE OF NEURAL NETWORKS <i>Markin E.I., Zuparova V.V., Salnikov I.I.</i>	44
REVIEW OF METHODS OF MEASUREMENT OF STATIC DYNAMIC PRESSURE <i>Markov D.M., Markova I.V., Vorontsov A.A.</i>	48
MODERN CLASSIFICATION OF MULTIPROCESSOR SYSTEMS <i>Martens-Atyshev D. S., Martyshkin A.I.</i>	51
THE PROGRAMMING COMPLEX FOR RESEARCHING PLATE CONSTRUCTIONS OF THE ELECTRONIC EQUIPMENT DYNAMICS IN THE WIDE FREQUENCY RANGE BASED ON DISCRETE AND CONTINUOUS MODEL <i>Medvedev S.U., Kozinov E.I., Kurmosov V.E.</i>	55
FEATURES OF IMAGE STORAGE IN RELATIONAL DBMS <i>Odinokov D.A., Artyushina E.A.</i>	60
RESEARCH THE TECHNIQUE PATHS TRACING <i>Perevalov S.S., Danilov E.A.</i>	66
METHODS AND STAGES OF A DISCERNMENT OF THE HAND-WRITTEN TEXT <i>Polukhin D.A., Salnikov I.I.</i>	71

INTEGRAL VISUALIZATION IN THE FORMATION OF VOLUME THREE-DIMENSIONAL IMAGES	
<i>Prochnovsky M.A., Salnikov I.I.</i>	75
METHODS OF PACKING OF SPECIFIC VOLUME OF LOOSE MATERIALS, CONSISTING FROM THE ELEMENTS OF THE VARIOUS FORM	
<i>Puzrenkov A., Salnikov I.I.</i>	79
METHODS FOR SYNCHRONIZING THREADS IN MULTITHREADED APPLICATION IN C++	
<i>Razdobudov S.A., Martyshkin A.I.</i>	83
RADIANTS OF THE SECONDARY POWER SUPPLIES WITH MICROCONTROLLER CONTROL ON MOBILE PLANTS	
<i>Rakhita A.V., Salnikov I.I.</i>	87
TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF DESIGNS IN THE FIELD OF DESIGNING	
<i>Suponitsky E.S., Kurmosov V.E., Andreyeva T.V.</i>	91
MANAGING RESOURCES AND WORKLOAD IN THE ADAPTIVE MODELS OF COMPUTING SYSTEMS	
<i>Tereshkin D.O., Martyshkin A.I.</i>	96
METHODS OF REMOTE EXPLORATION OF A TERRESTRIAL SURFACE IN A RADIORANGE OF ELECTROMAGNETIC WAVES	
<i>Khamadj Nasr Eddine, Salnikov I.I.</i>	101
IMPLEMENTATION OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS WITH THE USE OF DIFFERENT FORMS OF FINANCING	
<i>Chubarkina I.Y., Shagunov S.D.</i>	106
SIGNIFICANCE AND PROBLEMS OF MOTOR TRANSPORT	
<i>Yusupov B., Narzullaev K.</i>	110

УДК 621.396.6, 004.942, 519.876.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ИМПЛИКАТИВНОЙ АЛГЕБРЫ ВЫБОРА

Елизаров А.В., Покровский В.Г.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Повышение качества и сокращение сроков проектирования изделий приборостроения в современных условиях невозможно без привлечения средств автоматизации проектных и конструкторских работ. До недавнего времени автоматизация проектных работ сводилась к производству графической проектной документации. Теперь от системы автоматизированного проектирования требуется выполнять весь комплекс расчётов на механические воздействия, расчёт температурных режимов объекта проектирования, расчёт помехозащищённости и электромагнитной обстановки и т.д. Целью исследования является разработка способа построения систем уравнений для определения составляющих обобщённых сил по направлениям координатных осей для решения задач оптимизации структуры проектируемых конструкций электронной аппаратуры и приборов. В процессе выполнения исследования использовались: метод конечных элементов; положения линейной теории упругости; математический аппарат импликативной алгебры выбора. Описан способ построения систем алгебраических уравнений и определения составляющих обобщённых сил по направлениям координатных осей. Способ может быть применён для решения задач моделирования и структурной оптимизации конструкций электронной аппаратуры. Использование математических моделей конструкций с нефиксированным количеством переменных проектирования позволяет в процессе решения задачи моделирования выполнять преобразования моделей конструкций. Таким образом, становится возможным решать задачи оптимизации структуры проектируемой конструкции. Использование математических моделей конструкций с нефиксированным количеством переменных проектирования позволяет в процессе решения задачи моделирования выполнять преобразования моделей конструкций. Таким образом, становится возможным решать задачи оптимизации структуры проектируемой конструкции.

Ключевые слова: напряжённо-деформированное состояние; конструкции электронной аппаратуры; автоматизация проектирования; инженерный анализ конструкций, оптимизация конструкций.

MODELLING AND STRUCTURAL OPTIMIZATION OF CONSTRUCTIONS OF ELECTRONIC EQUIPMENT ON THE BASIS OF THE IMPLICATIVE ALGEBRA OF CHOICE

Elizarov A.V., Pokrovskij V.G.

Penza State Technological University, Penza, email: Alexey314@yandex.ru

Improvement of quality and reduction of terms of designing of products of instrument making in modern conditions is impossible without attraction of means of automation of design and design works. Until recently automation of design works was reduced to manufacture of the graphic design documentation. Now from system of the automated designing it is required to carry out all complex of calculations on mechanical influences, calculation of temperature modes of object of designing, calculation of noise immunity and electromagnetic conditions etc. The aim of investigation is development of a way of building of systems of the equations for definition of the making generalized forces in directions of co-ordinate axes for the decision of problems of optimisation of structure of projected designs of electronic equipment and devices is. In the course of research performance has been used: finite element method; principles of the linear theory of elasticity; mathematical formalism (apparatus) of implicative algebra of choice. The way of building of systems of the algebraic equations and definition of the making generalized forces in directions of co-ordinate axes is described in the article. The way can be applied to the decision of problems of modelling and structural optimisation of designs of electronic equipment. Use of mathematical models of designs with unstable quantity of variables of designing allows in the course of decision of a problem of modelling to carry out transformation of models of designs. Thus, begins possible to solve problems of optimisation of structure of a projected design. Use of mathematical models of designs with non-fixed number of design variables allows in the course of decision of a problem of modelling to carry out transformation of models of designs. Thus, begins possible to solve problems of optimisation of structure of a projected design.

Keywords: the stress-strain state; electronic equipment constructions; design automation; engineering analysis of constructions, constructions optimization

Повышение качества выпускаемой продукции, а также сокращение сроков освоения и внедрения новой техники, возможно при условии применения средств автоматизации проектно-конструкторских работ. Неотъемлемой частью процесса автоматизированного проектирования новых изделий является решение задач моделирования этих изделий при заданных эксплуатационных воздействиях. Это возможно реализо-

вать с помощью программно-технических комплексов, реализующих технологии автоматизированного проектирования и моделирования. Такие комплексы могут быть построены на основе использования численных методов анализа физических процессов в проектируемых конструкциях.

При решении задач оптимизации и изменении структуры модели проектируемой конструкции возникает необходимость в мо-

дификации математической модели проектируемой конструкции. Как следствие, изменяется количество переменных проектирования. Для осуществления модификации математической модели объекта проектирования требуется использовать соответствующий математический аппарат предметно-ориентированной логики. На основе такого математического аппарата можно строить логико-алгебраические выражения, используя которые можно вводить и исключать переменные и функции. Это даёт возможность создавать математические модели проектируемых изделий с нефиксированным количеством переменных проектирования.

Разработка программно-технических комплексов автоматизированного проектирования и имитационного моделирования, позволяющих решать задачи структурной оптимизации проектируемых конструкций, является актуальной. Решение задач оптимизации объектов проектирования, которые обладают дискретной структурой, возможно при условии применения математических моделей с нефиксированным количеством переменных проектирования.

Для того, чтобы задать проект стержневой системы, назначаются переменные проектирования. В качестве переменных проектирования элементов стержневой системы можно рассматривать: геометрические параметры поперечных сечений стержневых элементов, координаты их торцевых граней, физико-механические характеристики материала конструкции [1].

Для создания формализованного описания процедуры удаления дискретного элемента модели конструкции используется операция предикатной дизъюнкции аппарата импликативной алгебры выбора. Матрица-вектор переменных проектирования дискретного элемента стержневой

системы $B_{E_i}^{g_{U^e}}$ является аналогом предметной переменной y_i . Выбор или исключение дискретного элемента стержневой системы определяется как выбор или исключение матрицы-вектора переменных проектирования дискретного элемента [1]:

$$z_1 = \vee_{\alpha_i^{g_{U^e}}} \left(B_{E_i}^{g_{U^e}} \right) = \alpha_i^{g_{U^e}} \overline{B_{E_i}^{g_{U^e}}} \quad (1)$$

Из уравнений, описывающих поведение стержневой системы, определяются переменные состояния. В качестве переменных состояния можно рассматривать составляющие смещений торцевых граней стержня [2]:

$$\bar{z} = \left[U_m, V_m, W_m, \Theta_{Xm}, \Theta_{Ym}, \Theta_{Zm}, U_n, V_n, W_n, \Theta_{Xn}, \Theta_{Yn}, \Theta_{Zn} \right] \quad (2)$$

Сумма узловых реакций определяет-ся как скалярное произведение матрицы-вектора составляющих узловых смещений и матрицы-вектора узловых составляющих жёсткостей [3]:

$$\sum_1^{N_e} A_e^{g_{U^r}} = \overline{K^{g_{U^r}}} \cdot \overline{T^{g_{U^r}}} \quad (3)$$

Из матриц жесткостей стержней выделяются вектор-строки, соответствующие силовым составляющим

$$F^{g_{U^1}} = \sum_1^{N_e} F_e^{g_{U^1}}$$

по направлению координаты X . Составляющая $F^{g_{U^1}}$ определена как проекция обобщенной узловой силы на координатную ось X . Вектор-строки соответствуют матрицам-векторам составляющих жесткостей стержневых элементов [4].

Сумма составляющих узловых сил (проекций на ось X), соответствующих узлу сетки с координатами i, j, k определяется как скалярное произведение матрицы-вектора составляющих смещений $T^{g_{U^1}}$ и матрицы-вектора узловых составляющих жесткостей $K^{g_{U^1}}$:

$$\sum_1^{N_e} F_e^{g_{U^1}} = \overline{K^{g_{U^1}}} \cdot \overline{T^{g_{U^1}}} \quad (4)$$

Из выражения (3) формируется уравнение для вычисления узлового смещения, относящегося к узлу с координатами i, j, k . [2]:

$$t_{M(p)}^{g_{U^e}} = \frac{\sum_1^{N_e} A_e^{g_{U^r}} - \sum_1^{N_e} \left(\sum_1^{N_p-1} t_{M(p)}^{g_{U^e}} \cdot k_{V(p)}^{g_{U^e r}} \right)}{\sum_1^{N_e} k_{V(p)}^{g_{U^e r}}} \quad (5)$$

Составляющая обобщенной силы, соответствующая смещению V по направлению координаты Y :

$$\sum_1^{N_e} F_e^{g_{U^2}} = \overline{K^{g_{U^2}}} \cdot \overline{T^{g_{U^2}}} \quad (6)$$

Составляющая обобщенной силы, соответствующая смещению W по направлению координаты Z :

$$\sum_1^{N_e} F_e^{g_{U^3}} = \overline{K^{g_{U^3}}} \cdot \overline{T^{g_{U^3}}} \quad (7)$$

Составляющая обобщённого момента, соответствующая углу поворота Θ_X :

$$\sum_1^{N_e} M_e^{g_U^4} = \overline{K^{g_U^4}} \cdot \overline{T^{g_U}}. \quad (8)$$

Составляющая обобщённого момента, соответствующая углу поворота Θ_Y :

$$\sum_1^{N_e} M_e^{g_U^5} = \overline{K^{g_U^5}} \cdot \overline{T^{g_U}}. \quad (9)$$

Составляющая обобщённого момента, соответствующая углу поворота Θ_Z :

$$\sum_1^{N_e} M_e^{g_U^6} = \overline{K^{g_U^6}} \cdot \overline{T^{g_U}}. \quad (10)$$

Из соотношений (4), (6) – (10) определяются смещения и углы поворотов торцевых граней стержневых элементов (5). По найденным линейным и угловым смещениям,

вычисляются механические напряжения в элементах конструкции [5].

Ниже приведено решение задачи структурной оптимизации стержневой конструкции при одновариантном механическом нагружении. Начальная структура представлена объёмной конструкцией, выполненной из элементов в виде труб из стали квадратного сечения со стороной 40 мм, количество стержневых элементов – 600 шт.; масса конструкции — 1763,448 кг; силовые воздействия по направлению оси Y – 7000 Н; длина заготовки по оси X – 10 м; высота по оси Y – 2 м; глубина по оси Z – 1 м. Сеточная модель исходной конструкции изображена на рисунке 1. На этом же рисунке условно изображены силовые воздействия, которые локализованы в узлах нижнего пояса сеточной модели конструкции. Также, в нижнем поясе сеточной модели условно изображены опоры, которые моделируют жёсткое закрепление конструкции для предотвращения вертикальных смещений конструкции.

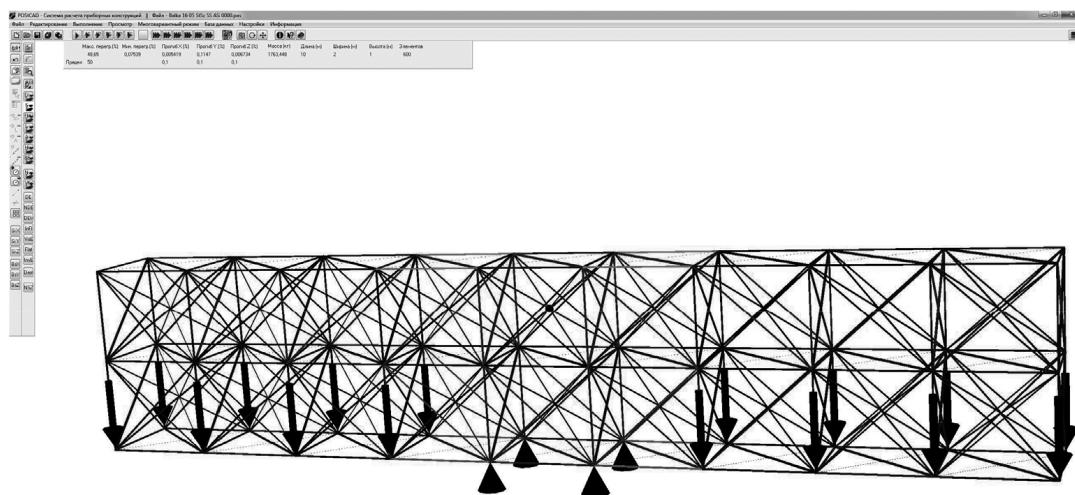


Рис. 1. Сеточная модель конструкции в главном окне программного комплекса

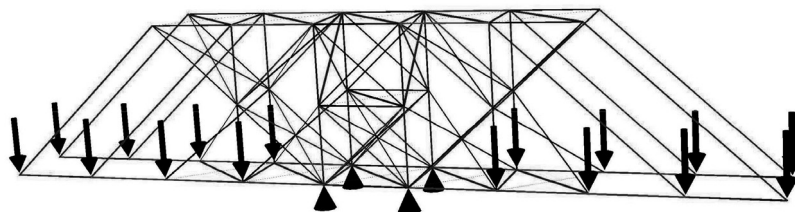


Рис. 2. Тринадцатый шаг структурной оптимизации. Конечная структура

Результаты решения задачи оптимизации структуры конструкции: время решения – 36 с.; количество стержневых элементов – 226 шт.; масса конструкции – 674,234 кг; максимальная перегрузка – 48,66 %; максимальный прогиб – 0,1 % при норме 0,1 %.

Задача оптимизации структуры конструкции была решена в автоматическом режиме. На рис. 2 представлен результат решения задачи оптимизации. Последующее удаление стержневых элементов из конструкции приводит к ухудшению её прочностных свойств, поэтому структура, изображённая на рис. 2, является конечной.

Подобные конструкции могут использоваться в качестве опорных элементов для размещения радиоэлектронных устройств. Масса устройств в данном случае моделируется силовыми воздействиями по направлению вертикальной координатной оси.

Разработанная методика формальной оптимизации конструкций позволяет модифицировать исходную конструкцию, обладающую избыточной массой и структурным составом в более совершенную конечную конструкцию, которая является оптимальной с точки зрения эксплуатационных воздействий и конструкторско-технологических ограничений. Применяемые модель пространственной стержневой системы и программный комплекс позволяют выполнять структурную оптимизацию

конструкций в автоматическом режиме. Это даёт возможность сократить сроки и стоимость проектных работ и программу испытаний проектируемых изделий.

Список литературы

1. Курносов В.Е., Покровский В.Г. Предикатная алгебра выбора в задачах проектирования нагруженных конструкций радиоаппаратуры и приборов // Проблемы исследования и проектирования машин: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: ПДЗ, 2005. – С. 23–28.
2. Покровский В.Г. Программный комплекс синтеза конструкций на основе эволюционных дискретных моделей // Современные технологии в машиностроении: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2008. – С. 147–151.
3. Покровский В.Г. Информационные технологии в проектировании несущих конструкций электронной аппаратуры на основе эволюционных дискретных моделей // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научное периодическое издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012. – № 05(09). – Пенза, 2012. – С. 198–204.
4. Покровский В.Г. Программный комплекс структурной оптимизации стержневых несущих конструкций на основе импликативной алгебры выбора // Информационные системы и технологии: Научно-технический журнал. – Орёл: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК), 2013. – № 2(76). – С. 251–260.
5. Покровский В.Г. Структурная оптимизация и декомпозиция конструкций электронной аппаратуры на основе эволюционных дискретных моделей // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика: Научный журнал. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2016. – № 05(43). – С. 73–82.

УДК 004.93

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ ПО ЦВЕТОВЫМ ДАННЫМ, ПОЛУЧЕННЫМ С ИЗОБРАЖЕНИЙ

Зверева В.И., Зупарова В.В., Воронцов А.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

За последнее десятилетие существенно активизировались исследования и разработки информационных систем в области народного хозяйства. Главный вопрос, который пытаются решить с помощью подобных разработок: как предотвратить глобальные потери урожая сельскохозяйственных культур, исчисляемых в сотнях и тысячах гектаров? Именно этой проблеме и посвящена статья. В данной работе исследованы методы оценки состояния сельскохозяйственных посевов. Особое внимание уделяется цветовым данным, полученным с изображений. Было выявлено, что растровые данные являются одним из основных типов пространственных характеристик в геоинформационных системах (ГИС). В статье подробно рассматриваются способы получения данных характеристик, а именно: дистанционный мониторинг со спутниковых систем, применение средств авиации для получения данных дистанционного мониторинга, а также использование датчиков и приборов сельскохозяйственной техники. В результате исследования было выявлено, что входные данные для анализа и оценки состояния сельскохозяйственных посевов могут представлять собой спутниковые снимки, аэрофотоснимки, регулярные цифровые модели рельефа, полученные в результате ГИС-анализа и геоинформационного моделирования. Исследование позволяет не только выбрать оптимальный из рассматриваемых методов в конкретных случаях, но и вовремя применить его для фиксации отклонений и их своевременного предотвращения.

Ключевые слова: геоинформационные системы (ГИС), аэрофотоснимок, цифровая обработка изображений, дистанционный мониторинг

RESEARCH OF VALUATION METHODS OF THE STATUS OF AGRICULTURAL CROPS ON THE COLOR DATA RECEIVED FROM IMAGES

Zvereva V.I., Zuparova V.V., Vorontsov A.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

In the last decade research and development of information systems in the field of the national economy significantly became more active. The main issue which is tried to be solved by means of similar developments: how to prevent global losses of a harvest of the crops calculated in hundreds and thousands of hectares? This article is also devoted to this problem. In this work valuation methods of a status of agricultural crops are investigated. Special attention is paid to the color data obtained from images. It was revealed that raster data are one of the main types of space characteristics in geographic information systems (GIS). In article ways of data acquisition of characteristics in detail are considered, namely: remote monitoring from satellite systems, application of means of aircraft for data acquisition of remote monitoring and also use of sensors and devices of agricultural machinery. As a result of a research it was revealed that input data for the analysis and assessment of a status of agricultural crops can represent the satellite pictures, aerial photographs, regular digital models of a relief received as a result of the GIS-analysis and geoinformation modeling. The research allows not only to select optimum of the considered methods in specific cases, but also in time to apply it to fixation of deviations and their timely prevention.

Keyword: geographic information systems (GIS), aerial photograph, digital image processing, remote monitoring

Сельскохозяйственное производство практически во всем мире отличается нестабильностью. Особенно заметно это проявляется в условиях глобальных климатических изменений, а также в странах с преобладанием экстенсивных методов возделывания сельскохозяйственных культур [1–3].

Резкие колебания климата в последние годы наряду с затянувшимся в сельском хозяйстве переходным периодом от планового советского хозяйства к рыночным условиям, а также низкая интенсивность возделывания культур приводит к повышенной нестабильности сельскохозяйственного производства в России.

В условиях подобной нестабильности высокое значение приобретает получение объективной информации о состоянии

сельскохозяйственного производства, в том числе, заблаговременное прогнозирование и точная оценка объемов производства сельскохозяйственной продукции.

Уже с конца 1950-х годов, после появления первых вычислительных машин и запуска спутников появилась возможность дистанционного отслеживания крупных объектов из космоса, в том числе и посевных культур [4–6]. Именно благодаря этому с первой половины 1980-х годов начинается активное соперничество среди разработчиков геоинформационных систем (ГИС) [7–9].

В подобных системах преимущественно используются методы дистанционного мониторинга в совокупности с дальнейшим распознаванием с помощью искусственных

нейронных сетей (ИНС). Однако, существует несколько наиболее востребованных методов оценки состояния сельскохозяйственных посевов по данным, полученным с изображений.

1. Данные дистанционного мониторинга со спутниковых систем

Дистанционный мониторинг (иногда его называют аэрокосмическим) представляет собой систему регулярных планомерных наблюдений, сбора информации и оценки среды с использованием средств авиации, спутников и спутниковых систем является возможность непрерывного наблюдения, получение общего изображения обширных и удаленных районов, а также возможность осуществлять пространственно-временной анализ сразу нескольких компонентов окружающей среды и их взаимодействий между собой.

Отличительной чертой космических снимков является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности. В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок, фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем инфракрасном диапазоне.

Данные дистанционного мониторинга, применимые в сельском хозяйстве, могут быть получены как с помощью традиционных методов зонирования – спутниковых и авиационных систем, так и с помощью приборов сельскохозяйственной техники.

2. Применение средств авиации для получения данных дистанционного мониторинга

Одним из наиболее актуальных методов сбора геопространственной информации в настоящее время является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Отличительной особенностью БПЛА, помимо отсутствия экипажа на борту, является возможность проведения подоблачной съемки. Полет БПЛА, как правило, производится с крейсерской скоростью 20–30 м/с в диапазоне высот 300–1500 м. Для съемки обычно используются неметрические камеры, позволяющие получать снимки с разрешением 10–20 мегапикселей. Фокусное расстояние камер обычно составляет около 50 мм, что соответствует размеру пикселя на местности от 7 до 35 см [1].

Снимки, полученные путем аэрофото-съемки, обладают более высокой точностью и являются более актуальными по сравнению с космическими снимками. Однако уступают последним в масштабах охвата

территории. Поскольку оба способа получения геопространственных данных являются весьма дорогостоящими, то использование БПЛА будет оправдано в тех случаях, когда необходимо оперативно получить точную информацию о небольшой территории.

3. Использование датчиков и приборов сельскохозяйственной техники

С развитием информационных технологий и устройств появилась возможность использовать сельскохозяйственную спецтехнику с целью картирования урожайности. Картирование урожайности представляет собой технологию точного земледелия, основной задачей которой является определение неоднородности показателя урожайности. Реализуется данная технология при помощи специальных датчиков, установленных на зерновых комбайнах, а также бортовых компьютеров и приемников *GPS*.

Для реализации системы точного земледелия на сельскохозяйственную технику устанавливаются оптические приборы с бесконтактными датчиками, которые позволяют получать информацию о содержании элементов питания в растениях, что может выступать основой для создания технологических карт-заданий. Преимуществом проведения подобных обследований является возможность проведения работ в условиях тумана и дождя, что является нередким во время весенне-летних и осенних полевых работ [2].

Каждый из рассмотренных методов получения изображений имеет свои преимущества и недостатки, благодаря чему можно выявить, в каком случае целесообразно использовать тот или иной способ.

Для распознавания и идентификации получаемых изображений могут анализироваться многие признаки, в зависимости от поддерживаемой сложности используемой системы. Зачастую в качестве подобных признаков используется цветовая характеристика.

Самым простым преобразованием является бинаризация изображения по порогу. Для изображений *RGB* и в градациях серого таким порогом является значение яркости. Выбор порога, определяющего бинаризацию, определяет вид самого процесса. Как правило, бинаризация происходит при алгоритме аддитивного выбора порога. Например, таким алгоритмом может стать выбор математического ожидания или моды, а также наибольшего пика гистограммы [3].

При осуществлении анализа необходимо оценивать не только получаемые цветовые значения, но и учитывать такой параметр,

как яркость, а также его влияние на конечный результат распознавания.

Для исследования возьмем 15 вариантов яркости одного изображения и проанализируем, каким образом будут изменяться цветовые данные в зависимости от изменяемого параметра.

На рис. 1 показаны варианты колебаний яркости.

Полученные данные и значение параметра яркости занесем в табл. 1, где R – значение красного, G – значение зеленого, B – значение синего, L – значение яркости.

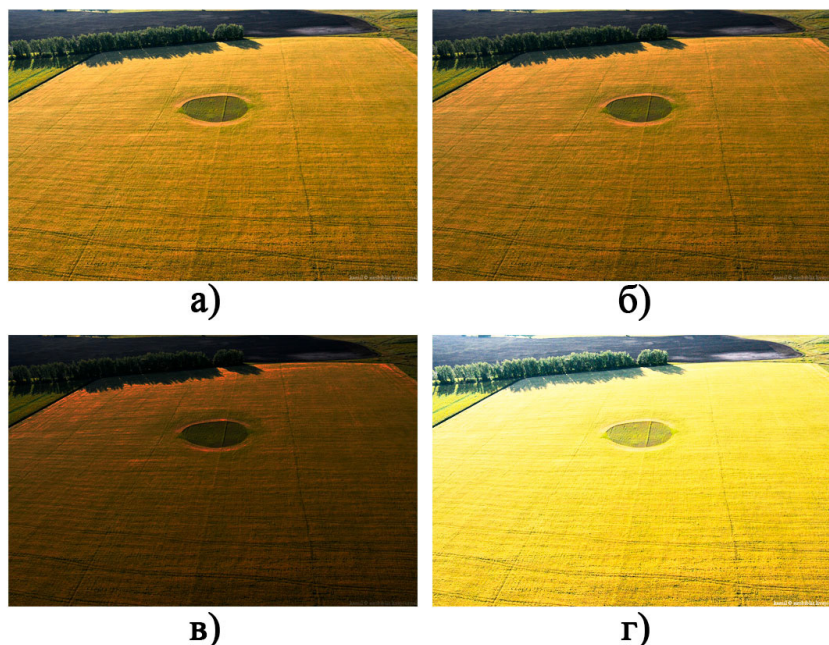


Рис. 1. а – исходное изображение; б – незначительное изменение яркости (затемнение); в – значительное затемнение; г – значительное увеличение яркости

Таблица 1

Значение параметров изображения при разных уровнях яркости

№	Значение параметра			
	R	G	B	L
1	217,7888	152,7888	98,45551	166,8009
2	198,3443	122,3443	74,34439	150,9078
3	159,3443	87,56661	48,45551	120,7122
4	211,5666	127,5666	79,67773	161,1685
5	244,2332	193,5666	147,6777	189,5093
6	241,011	185,3443	136,011	186,8238
7	225,2332	162,4555	109,3443	174,0986
8	178,5666	106,5666	57,56662	136,8962
9	158,7888	90,67773	49,34439	121,8141
10	222,6777	158,6777	111,011	172,6355
11	208,4555	132,4555	85,45551	160,7828
12	173,6777	100,1221	57,12217	133,7841
13	244,011	209,6777	165,7888	192,212
14	209,3443	146,011	98,01106	163,0335
15	246,2332	209,2332	158,1221	194,1947

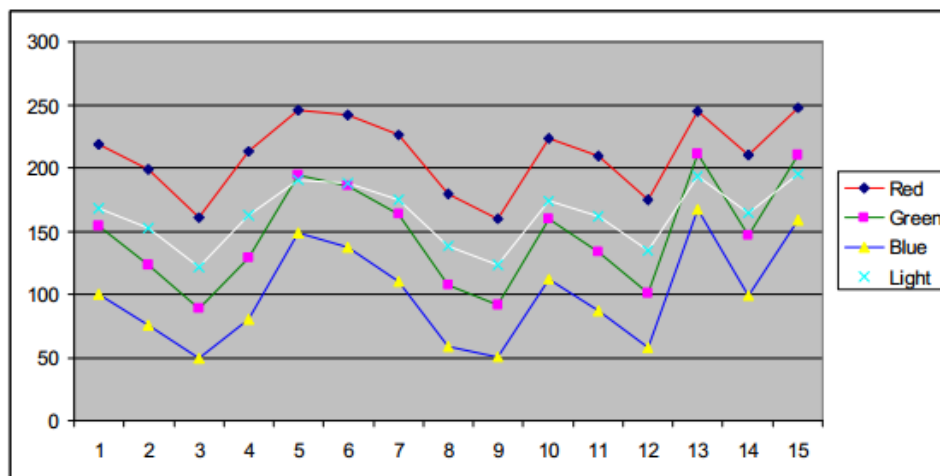


Рис. 2. Диаграмма изменения распознавания цвета объекта от яркости

Таким образом, по полученным данным можно построить диаграмму изменения цвета объекта от яркости, показанную на рис. 2.

В данном случае рассмотрены возможные колебания и погрешности в распознавании цвета в 15 экспериментах с одним изображением цветовой модели RGB при разных уровнях яркости.

Распознавание и классификация данных признаков осуществляется в совокупности с нейросетевыми методами. ИНС, применяемая в современном программном обеспечении (ПО), представляет собой математическую модель параллельных вычислений, содержащую взаимодействующие между собой простые процессорные элементы – искусственные нейроны. Преимуществом нейронных сетей перед традиционными алгоритмами является возможность их обучения.

Благодаря совместному использованию рассмотренных методов можно вовремя зарегистрировать отклонения в ходе взращивания сельскохозяйственных культур, что позволит минимизировать потери.

Список литературы

1. Булавицкий В.Ф. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие / В.Ф. Булавицкий, Н.В. Жукова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 113 с.
2. Манухов В.Ф., Кислякова Н.А., Варфоломеев А.Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
3. Рослякина Е.А., Ивлиева Н.Г. Управление данными дистанционного зондирования Земли в среде ГИС-пакета ArcGIS // Картография и геодезия в современном мире: матлы 2-й Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014 г. / редкол.: В.Ф. Манухов (отв. ред.) и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 150–154.
4. Плотная упаковка шаров [Электронный ресурс] // Плотная упаковка шаров [1987 Асламазов Л.Г., Варламов А.А. – Удивительная физика. Библиотечка «Квант». Вып. 63]. – URL: <http://physiclib.ru/books/item/f00/s00/z0000062/st029.shtml> (дата обращения: 02.10.2018).
5. Cho M., Javidi B. Three-dimensional visualization of objects in turbid water using integral imaging // J. Disp. Technol. 6, 544–547 (2010).
6. Levoy M., Zhang Z., McDowall I., Recording and controlling the 4D light field in a microscope using microlens arrays // J. Microsc. – 235, 144–162 (2009).
7. Yeom S., Javidi B., Watson E., Photon counting passive 3D image sensing for automatic target recognition // Opt. Express 13, 9310–9330 (2005).
8. Daneshpanah M., Javidi B. Profilometry and optical slicing by passive three-dimensional imaging // Opt. Lett. 34, 1105–1107 (2009).
9. Aloni D., Stern A., Javidi B. Three-dimensional photon counting integral imaging reconstruction using penalized maximum likelihood expectation maximization // Opt. Express 19, 19681–19687 (2011).

УДК 004.7

ТЕХНОЛОГИЯ BLOCKCHAIN ИЗНУТРИ: НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Зоткина А.А., Маркин Е.И., Бершадская Е.Г.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Технология блокчейн (blockchain) появилась недавно, но уже набрала популярность и обладает потенциально большой значимостью для проведения различных операций благодаря своей защищенности и надежности. В статье рассматриваются перспективы развития технологии блокчейн путем исследования данной технологии в современном мире. Анализируются преимущества и недостатки блокчейна, как универсального инструмента для построения различных баз данных. В статье дан краткий обзор технологии, принципов ее работы и возможное применение в различных сферах жизни человеческой деятельности. Особое внимание уделяется технологической модели рассматриваемой распределенной системы хранения данных. Данная технология может применяться в различных сферах, в том числе в качестве основы для социальных сетей, при создании и управлении крупных баз данных, в логистике, медицине, страховании и многих других областях, где требуется надежный способ обработки и хранения массивных объемов информации. Показана перспективность, которая ее состоит еще и в том, что любые инициативы могут быть начаты небольшой группой или даже одним участником для своих клиентов, а потом без особого труда распространены на весь рынок.

Ключевые слова: Blockchain, Bitcoin, блок, майнинг, майнер, хэш – функция, P2P

TECHNOLOGY BLOCKCHAIN FROM INSIDE: NEW TECHNOLOGICAL REVOLUTION

Zotkina A.A., Markin E.I., Bershadskaya E.G.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

The blockchain technology appeared not so long ago but it has already become very popular and potentially significant for carrying out various operations because of its reliability and security. The article presents the prospects for the development of technology. The advantages and disadvantages of blockchain as a universal tool for building various databases are analyzed. The article gives a brief overview of the technology, its principles and possible application in various spheres of human activity. Special attention is paid to the technological model of the considered distributed data storage system. This technology can be used in various fields, including as a basis for social networks, in the creation and management of large databases, in logistics, medicine, insurance and many other areas where you need a reliable way to process and store massive amounts of information. It shows the prospects, which it consists also in the fact that any initiatives can be started by a small group or even one participant for their customers, and then easily distributed to the entire market.

Keywords: Blockchain, Bitcoin, block, mining, miner, hash function, P2P

Не секрет, что индустрия информационных технологий в современное время развивается очень стремительно, и новые технологии появляются настолько быстро, что специалисты зачастую не успевают среагировать на их появление. Так произошло и с Blockchain – разработанной в рамках криптовалюты Bitcoin, впервые выпущенной еще в 2009-м году Сатоши Накамото, она долгое время оставалась незамеченной, однако в последнее время нарекла себя на популярность.

Технологию Blockchain пытаются применить в различных областях. Мир без банков, нотариусов, регистраторов, регуляторов – технология Blockchain заставляет иначе взглянуть на обмен ценными бумагами, деньгами, информацией. Она, убирая посредников, позволяет пользователям напрямую отправлять друг другу важные данные. Некоторые люди восхваляют Blockchain, другие, в свою очередь, критикуют. К нему можно относиться по-разному, считая его самым важным технологическим

нововведением после создания интернета или технологией, который способен породить множество других проблем.

Эпоха интернета принесла нам новое явление, известное как криптовалюта. Технологическая модель Blockchain была разработана в рамках криптовалюты Bitcoin [1]. Bitcoin – Blockchain – это открытая, децентрализованная веб – система учета, которая содержит все когда-либо совершенные Bitcoin – транзакции. Идея протокола Blockchain состоит в том, чтобы обеспечить возможность подтвердить прозрачное проведение транзакций между двумя неизвестными сторонами без привлечения центральной инстанции [2].

В общем случае, Blockchain – это база данных, в которую записываются факты, объединенные в блоки, содержащиеся на всех компьютерах, объединенных в P2P-сеть.

P2P-сети – это распределенные системы, которым необходимо решить одну из сложнейших проблем информатики – разреше-

ние конфликтов (the resolution of conflicts) или согласование (reconciliation). Факты, которые заносятся в базу данных, могут быть различными, например, денежные транзакции или подписи содержимого и т.д. Члены сети – анонимные субъекты, называемые узлами сети. Новый узел, присоединяющийся к сети, обязан загрузить полную копию Blockchain. Все коммуникации внутри сети используют инструменты криптографии для точной и безопасной идентификации отправителя и получателя. В случае того, если узел хочет добавить информацию в базу данных, в сети должен быть сформирован консенсус, определяющий, где будет размещен факт. Данный консенсус называется блоком [3].

Блоки – это способ организации фактов в сети недоверенных пользователей (network of non-trusted peers). В их основе лежит простая идея: сгруппировать факты в блоки, составить из блоков единственную цепочку, которая будет передана по всем узлам сети. Блоки связаны друг с другом с использованием хэша. Каждый блок ссылается на предыдущий, так может быть прослежено происхождение каждого факта. А новые блоки всегда включаются в конец цепочки. Блок в системе Blockchain включает заголовок и тело блока. Тело блока содержит список транзакций. Блоки в системе blockchain связываются между собой при помощи хэша идентификатора блока. В каждом заголовке блока содержится хэш ID предыдущего блока. Соответственно, в ID каждого блока кодируется информация о всех предыдущих блоках и данных. Из этого следует, что отследить хоть какое-либо изменение данных в любом блоке не составит труда. Соответственно, имея цепочку транзакций и ключ одного из блоков можно проверить: корректность информации в блоке, настоящая ли это цепочка, есть или нет пропущенные блоки, возможно наличие «левых» блоков в цепочке [4].

Майнингм называется процесс поддержания деятельности распределенной платформы и “поиска” блоков. Майнинг заключается в выборе транзакций (фактов) из числа ожидающих и последующем получении хэш-значения, сформированного блока транзакций. Блок считается успешно подтвержденным, если его хэш-значение начинается с определенного количества нулей, однако, большую часть времени полученные хэш-значения не являются успешными, блок немного меняется и хэш-значение генерируется заново. Успешно подтвержденный блок включается в цепь и становится видимым для всех узлов сети. Благодаря сложности данного процесса, шанс “най-

ти” успешное хэш-значение является крайне низким, следовательно, предотвращается возможность мошенничества (никто не в состоянии контролировать, какие именно транзакции (факты) пройдут в майнинг) и повышается безопасность сети. Исключением является ситуация, когда мошенник владеет более чем половиной узлов сети. За каждый созданный блок майнер получает небольшой процент. Это такое поощрение, за выполнение ресурсоемкой задачи [5].

Майнинг имеет следующую особенность: независимо от количества перерасчетов, которые были исполнены, вероятность расчета необходимого хэша примерно равна. В свою очередь, становится невозможным провести предварительный расчет или запись результата расчетов для последующего, возможно мошеннического использования. Поэтому все майнеры равноправны между собой.

Известным мифом о Blockchain, который обеспечил ей множество как сторонников, так и противников, является ее анонимность. С точки зрения Bitcoin (и криптовалют в целом), Blockchain – это эффективный инструмент для построения распределенной децентрализованной экономики. В то же время, существует много возможностей для различного рода мошеннической деятельности, например, отмывания денег [6].

Использование такой децентрализованной системы имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам применения Blockchain можно отнести:

- повышает уровень защиты от подделок за счет отслеживаемых цепочек происхождения;
- сокращает или помогает избежать ненужных затрат IT-инфраструктуры;
- помогает обезопасить огромное количество транзакций, т.к. хранящиеся в реестре данные нельзя изменить (без согласия более половины майнеров);
- сокращает расходы на проведение транзакций за счет их прямого проведения;
- предоставляет возможность контроля переводов внутри системы.
- Кроме того, следует отметить следующие недостатки:
 - сильная зависимость от надежности криптографических функций;
 - затрудненное регулирование из-за отсутствия центральных адресатов;
 - с ростом количества транзакций возрастает объем Blockchain, и она занимает всё больше места на компьютерах-узлах;

Энергозатратность. В результате работы можно сделать вывод, что блокчейн, как универсальный инструмент обладает

высокой степенью криптографической защиты, ввиду того что каждый блок состоит из хеш-сумм, по которым невозможно точно определить предмет транзакции или иные входные данные. Благодаря перечисленным возможностям, технология Blockchain может сделать прорыв в следующих отраслях [7, 8]:

Финансы – система делает ненужными традиционные банки и финансовые институты, заменив бэк-офисные системы системой P2P;

Контракты – умные контракты найдут применение в качестве сетевых э счетов, деньги с которых будут отправляться получателям в зависимости от реализации запланированного события. Контракты, сделки, титульные права и прочая важная документация будет храниться в открытом реестре [9];

Патенты и авторское право – Blockchain может обеспечить соблюдение авторских прав на новые технологии, игровые приложения, музыкальные произведения и т. п.;

Голосование – Blockchain позволяет защитить волеизъявление людей в процессе выборов;

Коллекционирование – Blockchain можно использовать для отслеживания и валидации редких предметов, например произведений искусства;

Товарные накладные – использование криптографических подписей поможет повысить доверие к поставляемым товарам и отслеживать их происхождение.

Данная технология может применяться в различных сферах, в том числе в качестве основы для социальных сетей, при создании и управлении крупных баз данных, в логистике, медицине, страховании и многих других областях, где требуется надежный способ обработки и хранения массивных объемов информации. Перспективность ее состоит еще и в том, что любые инициативы могут быть начаты небольшой группой или даже одним участником для своих клиентов, а потом без особого труда распространены на весь рынок. Поэтому blockchain – это больше, чем просто система денежных переводов. Технология Blockchain – это будущее человечества. Но все же современные компьютеры пока не способны обеспечить Blockchain вычислительными мощностями в необходимом объеме, согласно этому повсеместное внедрение системы еще продлится неопределенное время. Блокчейн превосходит другие технологии

по обеспечению безопасности. Он обладает высокой степенью криптографической защиты, ввиду того, что каждый блок состоит из хеш-сумм, по которым невозможно точно определить предмет транзакции или иные входные данные.

Однако технология имеет и недостатки:

1. Производительность блокчейна ниже, если сравнивать ее с традиционными централизованными базами данных.

2. Полноценная реализация технологии требует больших трудозатрат и инвестиций в инфраструктуру, безопасность, в том числе разработку и систему хранения приватных ключей и так далее.

Таким образом, использование блокчейна как децентрализованного хранения, например, достижений студентов хотя и предполагает большую надежность, но ввиду небольшого количества участников сети в одном университете, не может обеспечить ту безопасность, которая могла бы обеспечиваться в более глобальных масштабах. Это должен быть региональный или всероссийский уровень. Наибольшая эффективность технологии может быть отражена в банковских операциях, медицине, организации электронных голосований и других сферах, где требуется повышенная надежность и отсутствие централизованного контроля.

Список литературы

1. Форк А. Bitcoin. Больше чем деньги. – М.: Изд-во Продюсерский центр Александра Гриценко. 2014. – 290 с.
2. Тапскотт А., Тапскотт Д. Технология блокчейн – то, что движет финансовой революцией сегодня. – М.: Изд-во Эксмо. 2016. – 150 с.
3. Zebus – A lightweight Peer to Peer Service Bus [Электронный ресурс]. – URL: <http://github.com/Abc-Arbitrage/Zebus/> (дата обращения: 15.11.2019).
4. Блокчейн простыми словами [Электронный ресурс]. – URL: <https://prostocoin.com/blog/blockchain-guide/> (дата обращения: 21.01.2019).
5. Токены vs Пароли [Электронный ресурс]. – <https://habrahabr.ru/post/126828/>.
6. Как понять, нужно ли интегрировать blockchain в ваш продукт? [Электронный ресурс]. – URL: https://habrahabr.ru/company/web_payment_ru/blog/301972/ (дата обращения: 20.12.2018).
7. Как blockchain изменит нашу жизнь? [Электронный ресурс]. – URL: <http://rb.ru/opinion/blockchain/> (дата обращения: 20.12.2018).
8. Евтушенко А., Поляков Е. По цепочке до России // Газета.ru [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gazeta.ru/tech/2016/02/01/8038769/blockchain.shtml/> (дата обращения: 21.01.2019).
9. Как блокчейн изменит способы хранения документов об образовании? [Электронный ресурс]. – <https://vc.ru/crypto/32267-kak-blokcheyn-izmenit-sposoby-hraneniya-dokumentov-ob-obrazovanii/> (дата обращения: 20.02.2019).

УДК 007.51

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Искандаров Р.Н., Шубина Н.В.

ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,
филиал, Нижнем Тагил, e-mail: hbfnt@rambler.ru

В статье раскрывается роль системы контроля и управления доступом среди технических систем безопасности. Определен основной параметр для оценивания оптимальности модели СКУД. Выделены задачи, решаемые системами контроля и управления доступом на предприятии. В статье выделены составные элементы установленной на целевом предприятии системы контроля и управления доступом. Статья дает обоснование необходимости усовершенствования существующей на предприятии системы безопасности. Выявлен ряд недостатков существующих автоматизированных проходных. Статья характеризует систему, которая призвана компенсировать имеющиеся недостатки аналогичных эксплуатируемых систем. Данная система контроля и управления доступом спроектирована на базе микроконтроллера Arduino с целью автоматизации пропускной системы складов целевого предприятия. Описаны краткие характеристики микроконтроллера ATmega2560. Статья включает в себя диаграммы, отображающие основные процессы в системе, алгоритм работы аппаратной и программной части системы, физическое состояние системы. В статье обоснована актуальность применения платформы Arduino в области информационной безопасности, путем выявления существенных преимуществ проектируемой системы перед аналогичными. Описаны технические возможности платформы. Представлена принципиальная электрическая схема, которая отображает взаимосвязь элементов в проектируемой системе, пользовательский интерфейс и внешний вид проектируемой системы контроля и управления доступом.

Ключевые слова: Arduino, микроконтроллер, система контроля управления доступом, диаграмма

THE DESIGN OF THE MONITORING AND ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON ARDUINO MICROCONTROLLER

Iskandarov R.N., Shubina N.V.

Russian state vocational pedagogical University, branch, Nizhny Tagil, e-mail: hbfnt@rambler.ru

The article reveals the role of access control system among technical security systems. The main parameter to evaluate model's eligibility is determined. The tasks solved at the enterprise by ACS are accentuated. The article highlights the components of the access control system installed at the target enterprise. The article justifies the necessity of improving the existing security system. A number of shortcomings of the existing automated passageways are revealed. The article describes a system that could compensate the existing shortcomings of similar operating systems. The access control system based on the Arduino microcontroller is designed to automate the warehouses' access system of the intended enterprise. Brief characteristics of ATmega2560 microcontroller are described. The article includes diagrams showing the main processes, the algorithm of the system's hardware and software, the physical state of the system. The urgency of the Arduino platform's application in the field of information security is justified by identifying the significant advantages of the designed system over similar ones. The technical capabilities of the platform are described. A schematic diagram showing the elements' interrelation in the designed system, the user interface and the appearance of the designed access control system is presented.

Keywords: Arduino, microcontroller, access control system, diagram

В настоящее время системы контроля и управления доступом (СКУД) играют важную роль среди технических систем безопасности, предлагаемых на рынке. Последние оценки рынка свидетельствуют, что темпы роста продаж оборудования СКУД составляют 15%, а остальных систем охраны в два раза меньше – 7% [1].

Сегодня на рынке имеется достаточно большой выбор систем контроля и управления доступом иностранного и российского производства. Наиболее целесообразным основным параметром для оценивания оптимальности модели СКУД является стоимость системы конкретного производителя для реализации типовых или одинаковых функций [2].

Система Контроля и Управления Доступом нужна для решения следующих задач или их совокупности:

- учет входов и выходов персонала и/или посетителей

- контроль за временем, проведенным на объекте

- разграничение доступа в пределах объекта в зависимости от полномочий субъекта [3].

В общем виде СКУД может иметь в своем составе следующие элементы:

- исполнительные механизмы (замки, турникеты, шлюзы);

- электронные идентификаторы (пластиковые карточки, «электронные таблетки» и другие устройства);

- считыватели (пластиковых карточек и прочих электронных идентификаторов);

- устройства ввода персонального кода (PIN-кода);

- биометрические устройства идентификации личности;

- устройства управления исполнительными механизмами (контроллеры, концентраторы);
- оборудование сопряжения локальной сети СКУД с компьютером;
- программное обеспечение администратора системы [4].

Arduino представляет собой линейку электронных блоков-плат, которые можно подключать к компьютеру по USB, а в качестве периферии – любые устройства от светодиодов до механизмов радиуправляемых моделей и роботов.

Краткие характеристики микроконтроллера ATmega2560 представлены в табл. 1.

На двух проходных предприятия установлены контроллеры PERCo-CT/L04, турникеты – триподы PERCo-TTR-04, считыватели PERCo-IR03.

Имеющаяся на целевом предприятии СКУД имеет ряд недостатков:

- низкая отказоустойчивость;
- неудобный для администрирования системы интерфейс;
- отсутствие возможности масштабирования;
- дорогостоящие комплектующие;
- отсутствие функции ограничения входа/выхода в неположенное время [5].

Проектируемая система призвана компенсировать имеющиеся недостатки аналогичных эксплуатируемых систем.

Таблица 1

Краткие характеристика микроконтроллера ATmega2560

Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7–12 В
Цифровые Входы/Выходы	54 (14 из которых могут работать также как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	16
Постоянный ток через вход/выход	40 mA
Постоянный ток для вывода	3,3 В mA
Флеш-память	256 KB (из которых 8 KB используются для загрузчика)
ОЗУ	8 KB
Энергонезависимая память	4 KB
Тактовая частота чипа	16 MHz
Размеры (длина, ширина)	10,2 и 5,3 см

Система контроля и управления доступом, установленная на предприятии представлена в автоматизации проходных.

Основные процессы, протекающие в рамках системы отображены на диаграмме вариантов использования (use case diagram) (рис. 1).

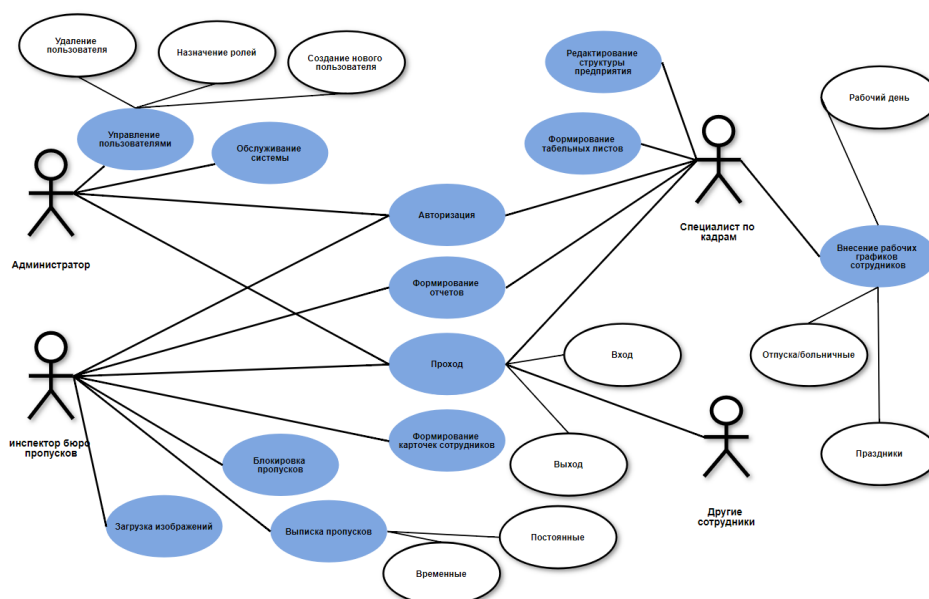


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Рассмотреть алгоритм работы аппаратной части СКУД позволяет диаграмма состояний (statechart diagram) (рис. 2) [6].

реагирует на событие: открывает запирающий механизм или игнорирует действия сотрудника, переходя в изначальное состояние.

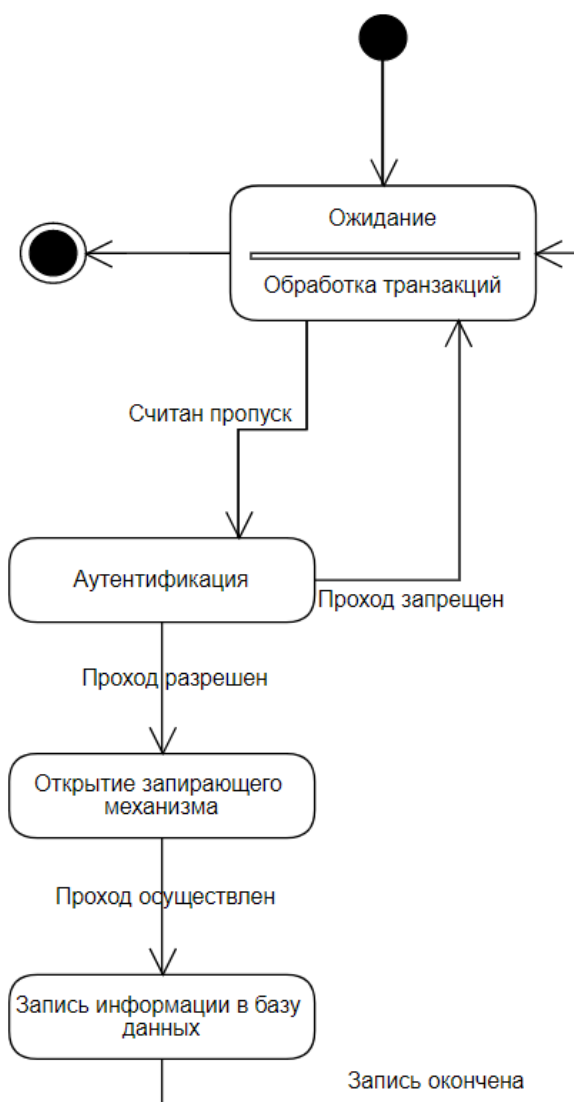


Рис. 2. Диаграмма состояний

Согласно данной диаграмме при прикладывании пропуска сотрудником и считывании данных происходит аутентификация, в результате которой на основании полученных данных система тем или иным образом

При выполнении вышеуказанных действий система записывает все события в журнал.

Физическое состояние системы отображает диаграмма развертывания (deployment diagram) (рис. 3).

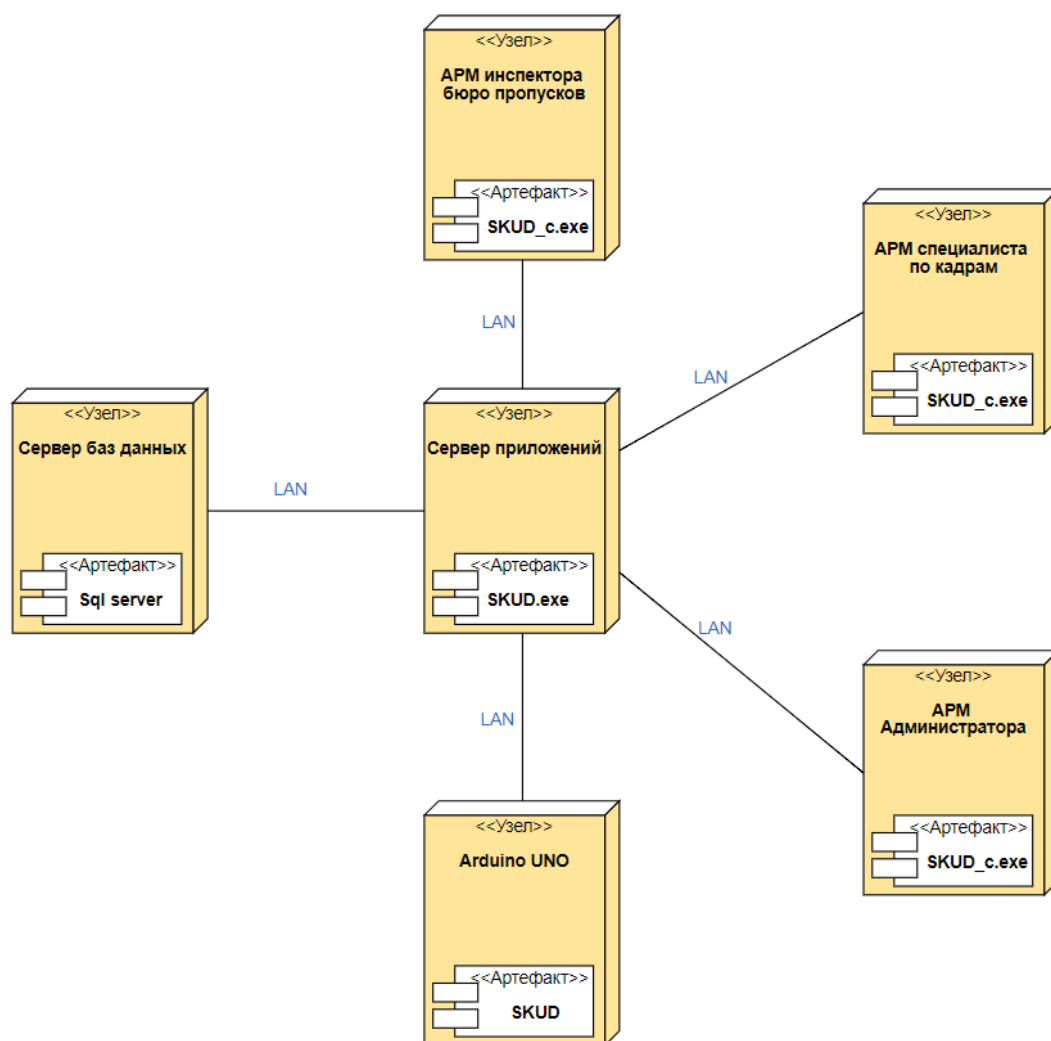


Рис. 3. Диаграмма развертывания

На данный момент для размещения программной части программно-аппаратного комплекса (ПАК) планируется задействовать один физический сервер и 4 АРМ. В качестве архитектуры для ПАК выбрана клиент-серверная архитектура. Сервер приложений выполняет функцию управления ресурсами. На сервере приложений устанавливается ядро программной части ПАК. Сервер обменивается информацией с клиентами по сети Ethernet по протоколу UDP. В процессе работы серверного приложения выступает посредником между клиентами и СУБД (SQL сервером). На компьютер пользователя устанавливается клиент программной части ПАК. Клиент может

работать автономно (ограниченный функционал). Аппаратная часть СКУД также является клиентом, и подключается к серверу аналогичным образом. Количество клиентов ограничивается вычислительной мощностью сервера [6].

Аппаратная часть проектируемого ПАК будет состоять из следующих элементов:

1. Плата Arduino Mega 2560 R3 – 1 шт.
2. Плата расширения Ethernet W5100 – 1 шт.
3. Считыватель меток RFID RC522 – 2 шт.
4. Управляемое реле keyes_srly – 1 шт.
5. Светодиод Красный/Зеленый – 2 шт.
6. Резистор 220 Ом – 2 шт.
7. Печатная плата 9×15 – 1 шт.

На рис. 4 представлена принципиальная электрическая схема, которая отображает взаимосвязь элементов в проектируемой системе.

СКУД и конечным пользователем. Он представляет собой окно, на котором расположены различные элементы взаимодействия:

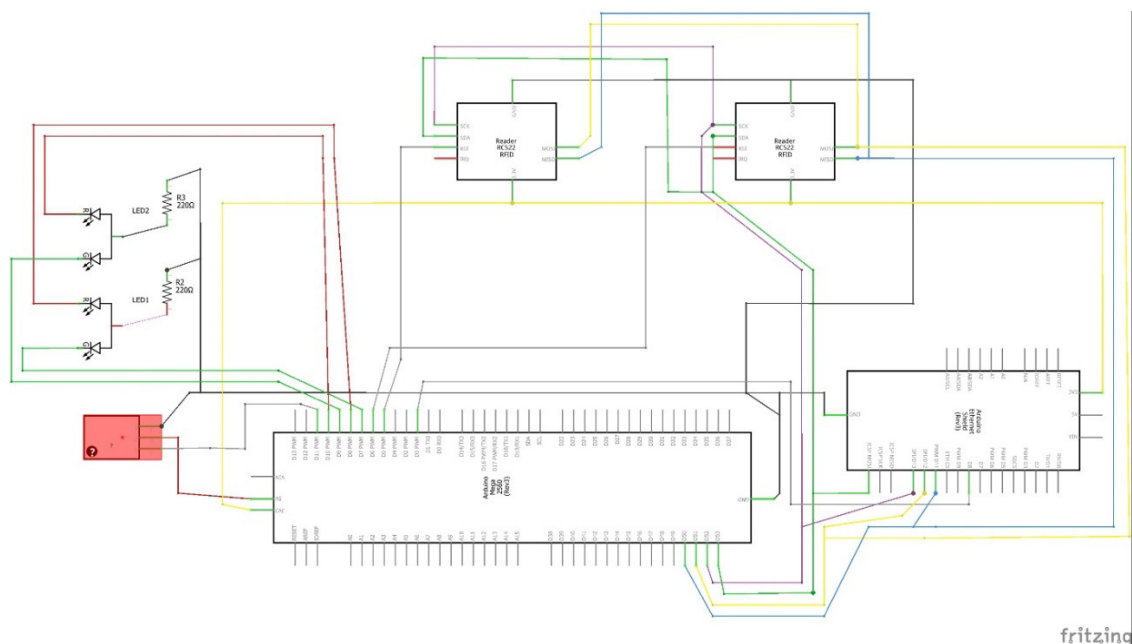


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема

Пользовательский интерфейс выступает в качестве звена взаимодействия между

кнопки, таблицы, изображения, графический указатель, элементы прокрутки [7].

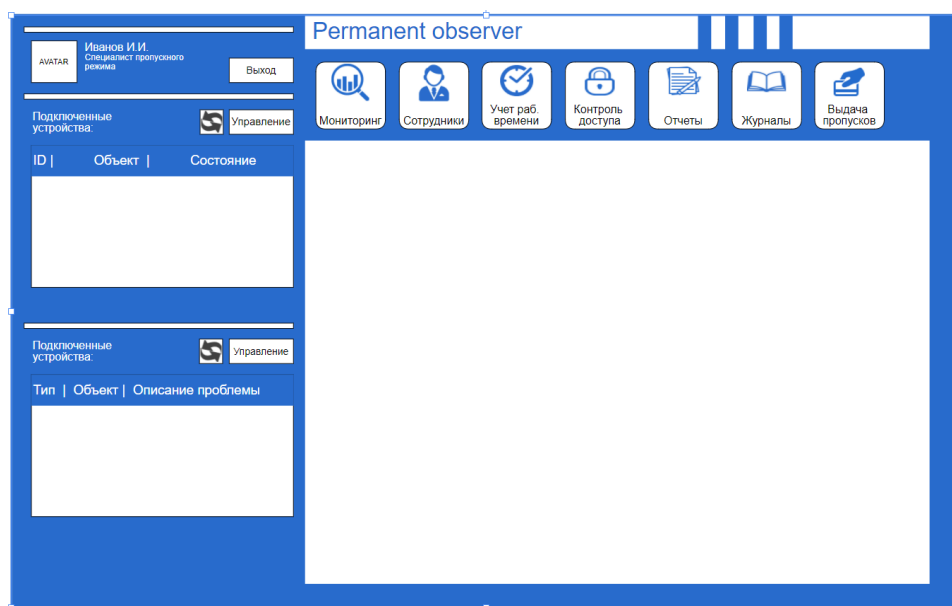


Рис. 5. Пользовательский интерфейс

Внешне устройство будет выполнено в виде металлической коробки (рис. 6). В качестве корпуса будет выступать настенный оптический кросс 8 портов FC/ST.

Рассмотренный в данной статье материал доказывает, что проектирование системы контроля и управления доступом на базе микроконтроллера Arduino имеет суще-



Рис. 6. Корпус СКУД

У данного корпуса имеется целый ряд преимуществ:

- металлическая конструкция толщиной 0,8–1,0 мм обеспечивает необходимую жесткость изделия;
- четыре кабельных ввода/вывода защищены резиновыми заглушками и обеспечивают различные варианты ввода/вывода кабелей;
- металлическую сплайс-пластину можно использовать для расположения контроллера и других элементов аппаратной части СКУД (за исключением Rfid-считывателей);
- наличие замка предотвращает несанкционированный доступ;
- небольшие габариты (244×224×62 мм) позволяют разместить устройство без использования полезного пространства помещений.

На корпусе изделия будут расположены:

- один разъем USB Type-B – для загрузки управляющей программы;
- один разъем DC 5,5х2,1х14 для питания устройства;
- два разъема 8 pin для подключения Rfid-считывателей;
- колодка с болтовым соединением для подключения запирающего устройства;
- один разъем RJ-45 для подключения устройства к сети Ethernet.

ственные преимущества и лидируют в перечне технических систем безопасности, предлагаемых на рынке. Микроконтроллер Arduino – весьма гибкая и функциональная платформа для разработки различных приложений. Она имеет огромные возможности для обеспечения взаимодействия с периферийными устройствами.

Список литературы

1. Россия открывает мир управления, автоматизации и оборудования // Control Engineering. – 2015. – № 1 (55). – С. 62–64.
2. Гафнер В.В. Информационная безопасность: учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010. – 324 с.
3. ГОСТ 2.701–2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с.
4. Бадиков А.В., Бондарев П.В. Системы контроля и управления доступом: Лабораторный практикум. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 128 с.
5. Официальный сайт компании ДатаКрат [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.datakrat.ru/hardware/9231.html> (дата обращения 18.05.2017).
6. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. – 2-е изд. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 484 с.
7. Каюмова А.В. Визуальное моделирование систем в StarUML: учебное пособие. – Казань: Казанский федеральный университет, 2013. – 104 с.

УДК 621.382

ВОЗМОЖНОСТИ ПЛИС АРХИТЕКТУРЫ FPGA ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИИ СЛОЖЕНИЯ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ

Кармышова Ю.В., Ушенина И.В.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

В статье выполнен сравнительный анализ двух подходов к реализации на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) архитектуры FPGA сумматоров, работающих в формате с плавающей запятой. Один из подходов заключается в использовании исключительно программируемой логики FPGA, а именно – конфигурируемых логических блоков. Второй подход заключается в использовании блоков цифровой обработки сигналов, встроенных в FPGA. Для подготовки исходных описаний сумматоров использован модуль интеллектуальной собственности Floating Point Operator, доступный в среде проектирования ISE Design Suite фирмы Xilinx. В рамках обоих подходов исследовано, каким образом латентность сумматора влияет на его производительность и ресурсоемкость. Показано, что увеличение латентности в большинстве случаев позволяет повысить тактовую частоту сумматора, но при этом общее время выполнения операции суммирования может возрасти. При реализации вычислений на микроконтроллерах или сигнальных процессорах оптимизация операции сложения, равно как и других операций, выполняется производителем элементной базы. В тех случаях, когда вычисления реализуются на ПЛИС архитектуры FPGA, оптимизация выполняемых операций является задачей разработчика устройств цифровой обработки информации (УЦОИ). Целью оптимизации, как правило, является достижение максимальной производительности (рабочей частоты) УЦОИ.

Ключевые слова: ПЛИС FPGA, сумматор, формат с фиксированной запятой, формат с плавающей запятой

FPGA CAPABILITIES TO IMPLEMENT FLOATING-POINT ADDERS

Karmyshova U.V., Ushenina I.V.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

In this paper, the author comparatively analyses two approaches to FPGA implementation of floating-point adders. One of these approaches consists of only using FPGA programmable logic sources, namely, configurable logic blocks. Another approach consists of using DSP blocks embedded in FPGA. To prepare source codes for adders, Floating Point Operator IP core was used. This IP core is available in Xilinx ISE Design Suite. Under both approaches, it was studied how the adder latency affects its performance and logic source consumption. It was shown that in most cases the growth of adder latency allows its clock frequency to rise, but the absolute time required to perform the summation can increase. When implementing calculations on microcontrollers or signal processors, the optimization of the operation of addition, as well as other operations, is performed by the manufacturer of the element base. In cases where the calculations are implemented on the FPGA architecture, optimization of the operations performed is the task of the developer of digital information processing devices (UCIs). The purpose of optimization, as a rule, is to achieve maximum performance (operating frequency) of the UCI.

Keywords: FPGA, adder, fixed-point format, floating-point format

При аппаратной реализации вычислений числа могут быть представлены в форматах с фиксированной или с плавающей запятой. Вычислительные устройства, работающие в формате с фиксированной запятой, менее требовательны к объему аппаратных ресурсов. Однако вычисления в формате с фиксированной запятой не всегда могут обеспечить достаточную точность, а также подвержены влиянию эффектов конечной разрядности. Формат с плавающей запятой более устойчив к сбоям и дает высокую точность вычислений, но его применение сопровождается большим расходом аппаратных ресурсов и (или) снижением скорости вычислений.

Наиболее востребованным среди арифметических устройств является сумматор (вычитатель), который используют, например, до 50% устройств цифровой обработки сигналов (ЦОС). Вместе с тем, суммирование в формате с плавающей запятой наиболее сложно для реализации [1].

При реализации вычислений на микроконтроллерах или сигнальных процессорах оптимизация операции сложения, равно как и других операций, выполняется производителем элементной базы. В тех случаях, когда вычисления реализуются на ПЛИС архитектуры FPGA, оптимизация выполняемых операций является задачей разработчика. Целями оптимизации, как правило, являются:

- достижение максимальной производительности (рабочей частоты) устройства;
- минимизация латентности (задержки появления результатов вычислений относительно момента поступления исходных данных);
- минимизация ресурсоемкости устройства.

В данной статье рассмотрено, каким образом можно реализовать сложение в формате с плавающей запятой на современных FPGA и исследовано влияние на достижение перечисленных выше целей таких фак-

торов, как используемые ресурсы FPGA и латентность сумматоров.

Ресурсы FPGA, пригодные для реализации сумматоров. Операция сложения в формате с плавающей запятой может быть реализована на FPGA в двух вариантах: с использованием исключительно ресурсов программируемой логики или с привлечением блоков цифровой обработки сигналов (ЦОС).

При реализации сумматоров на программируемой логике важную роль в ускорении вычислений играют цепи переноса (carry logic), находящиеся в конфигурируемых логических блоках FPGA. Кроме того, требуется большое количество табличных преобразователей (LUT).

Ожидаемым преимуществом использования ЦОС-блоков является компактность размещения элементов сумматора на FPGA, а также более высокая производительность за счет выделенных логических и трассировочных ресурсов. Однако нужно учитывать, что в современных FPGA, за исключением [2], ЦОС-блоки ориентированы на вычисления в формате с фиксированной запятой. Работа в формате с плавающей запятой возможна, но требует использования наряду с ЦОС-блоками программируемой логики.

Способы описания и инструменты проектирования сумматоров. Для выполнения исследования выбрана FPGA XC7A200T-3 фирмы Xilinx. Проектирование сумматоров выполнялось в среде ISE Design Suite 14.7.

Производительность, ресурсоемкость и другие характеристики вычислительных устройств, работающих в формате с плавающей запятой, во многом зависят от способа их описания. В [3] отмечается, что одним из наиболее эффективных способов исходного описания подобных устройств является использование настраиваемых модулей интеллектуальной собственности Floating Point Operator и инструмента Core Generator. Такой способ описания выбран и в данной работе.

Кроме того, Core Generator предоставляет графический интерфейс для настройки параметров модуля интеллектуальной собственности, в том числе для указания используемых ресурсов FPGA и латентности сумматоров, выраженной в количестве тактовых импульсов (рисунок).

Сумматоры, рассмотренные в данной работе, рассчитаны на числа, представленные в соответствии со стандартом IEEE 754: для знака числа отводится 1 разряд, для экспоненты – 8 разрядов, для мантиссы – 23 разряда без учета целой части.

Чтобы временной анализатор среды ISE Design Suite выполнил оценку производительности проектируемого устройства, необходимо наложить на него временные ограничения [4]. Максимальной производительностью реализованных на ПЛИС устройств является производительность отдельных логических ресурсов (конфигурируемых логических блоков, блоков ЦОС). При выполнении исследования на проекты сумматоров накладывалось временное ограничение PERIOD, куда в качестве периода тактового сигнала подставлялись значения, взятые из [5].

Результаты оценки производительности и ресурсоемкости сумматоров при различных настройках оценивались по итогам размещения и трассировки соответствующих проектов с помощью инструмента PlanAhead.

Результаты исследований и их обсуждение. В табл. 1 и 2 приведены результаты реализации сумматоров исключительно на программируемой логике FPGA и с использованием блоков ЦОС при различных настройках латентности. В таблицах показаны результаты оценки производительности (максимальной тактовой частоты f_{max}) сумматоров, а также требуемое для их реализации количество D-триггеров (FF) и табличных преобразователей (LUT). Количество блоков ЦОС не показано в таблице 2, так как в рамках исследования требовалось 2 блока при любых настройках латентности.

Из табл. 1 следует, что повышение латентности сумматора, реализованного на программируемой логике FPGA, сопровождается повышением его максимальной тактовой частоты f_{max} . Однако если выразить латентность в единицах измерения времени, подставив при расчетах полученные значения f_{max} , будет очевидно, что достигнутый прирост производительности не оправдывает дополнительного расхода триггеров, так как абсолютное время выполнения сложения с повышением количества тактов увеличивается. В целом можно отметить, что производительность сумматоров заметно ниже предельной производительности отдельных конфигурируемых логических блоков FPGA [5]. В первую очередь это связано с неизбежными задержками распространения сигналов на программируемых соединениях FPGA. Однако потери производительности могут быть связаны и с тем, что Floating Point Operator не является специализированным средством для реализации сумматоров. Отдельные операции, выполняемые при суммировании в формате с плавающей запятой, могут быть реализованы не оптимально.

LogiCORE Floating-point

Architecture Optimizations
Select architecture for high speed or low latency.
☐ Low latency
☒ High speed

Family Optimizations
Specify whether DSP48Es should be used.
☐ No Usage = Logic only
☐ Medium Usage
☒ Full Usage = 2 x DSP48E
☐ Max Usage

Latency and Rate Configuration
☐ Use Maximum Latency
 Latency : Range: 0..11
 Cycles per operation : Range: 1..27

Datasheet < Back Page 3 of 4 Next > Generate Cancel Help

Настройки модуля Floating Point Operator

Таблица 1
Результаты реализации сумматоров на программируемой логике FPGA

Латентность (такт. импульсов)	2	4	6	8	10	12
f_{max} , МГц	147	267	356	331	476	452
LUT	417	387	356	379	379	389
FF	73	181	275	394	474	541

Таблица 2
Результаты реализации сумматоров с использованием блоков ЦОС FPGA

Латентность (такт. импульсов)	1	3	5	7	9	11
f_{max} , МГц	628	155	195	218	334	366
LUT	185	237	212	223	211	209
FF	32	74	127	228	264	319

Из табл. 2 следует, что при использовании блоков ЦОС для реализации сумматора наилучшие показатели производительности и ресурсоемкости обеспечивает латентность, равная одному такту. Повышение латентности приводит к спаду производительности, который можно объяснить увеличением доли программируемой логики в составе сумматора и усложнением его размещения и трассировки. Данные, представленные в табл. 2, позволяют также заключить, что использование блоков ЦОС значительно сокращает требуемый объем триггеров и табличных преобразователей.

Заключение

На основе результатов, представленных в табл. 1 и 2, можно заключить, что в большинстве случаев предпочтительным способом реализации на FPGA операции арифметического сложения в формате с плавающей запятой является использование блоков ЦОС. В случае использования ресурсов про-

граммируемой логики устанавливать высокую латентность сумматора имеет смысл, если от устройства, в состав которого он входит, требуется высокая частота обработки данных.

Список литературы

1. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е изд.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992с.
2. Intel Stratix 10 FPGA Features. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/programmable/fpga/stratix-10/features.html> (дата обращения 11.02.2019).
3. Ушенина И.В., Сальников И.И., Слесарев Ю.Н., Михайлов П.Г., Ремонтнов А.П. Подходы к описанию вычислений в формате с плавающей запятой, реализуемых на ПЛИС // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – №4 (44). – С. 122–127.
4. Ушенина И.В. Использование временных ограничений PERIOD и OFFSET при проектировании цифровых устройств на ПЛИС фирмы Xilinx // Компоненты и технологии. – 2013. – №5. – С. 97–106.
5. Artix 7 FPGAs Data Sheet: DC and AC switching characteristics. – URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf (дата обращения 11.02.2019).

УДК 004.94

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Ликсина Е.В., Бершадская Е.Г.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

В статье рассматриваются возможности применения виртуальных лабораторий в образовательном процессе. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что на современном этапе развития системы образования, этот вопрос все более набирает популярность. Значимым преимуществом виртуальной лаборатории является использование ее в дистанционном обучении, когда у обучающихся отсутствует возможность работы в лабораториях образовательной организации. Это, прежде всего, связано с активным внедрением в учебный процесс технологий электронного обучения. Актуальными нам видятся как вопросы разработки и сопровождения виртуальных лабораторий, так и вопросы их применения в учебном процессе. Виртуальная лаборатория рассматривается как система, в которой можно выделить определенную иерархию подзадач, реализуемых в рамках определенной алгоритмической структуры. Декомпозиция на уровни и подзадачи определяется особенностями задачи и существующими взаимосвязями в системе. Наличие формализованного описания приложений и данных, а также совместное использование введенных операций даст возможность создавать программные методики более высокого уровня. Анализ инструментальных средств создания виртуальных лабораторий показал наличие некоторой универсальной схемы управления формализованными данными, методами и приложениями. Такой подход позволяет на основе элементарных приложений создать собственную обучающую методику.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, моделирование процессов, виртуальная система, интерактивный сценарий, электронное обучение

AUTOMATION OF THE PROCESS OF DEVELOPING VIRTUAL LABORATORIES

Liksina E.V., Bershadskaya E.G.

Penza State Technological University, Penza, email: Alexey314@yandex.ru

The article discusses the possibility of using virtual laboratories in the educational process. The conducted research allows us to conclude that at the present stage of development of the education system, this issue is increasingly gaining popularity. A significant advantage of the virtual laboratory is its use in distance learning, when the training is not possible to work in the laboratories of the educational organization. This is primarily due to the active introduction of e-learning technologies in the educational process. We see both the issues of development and maintenance of virtual laboratories and their application in the educational process as relevant. Virtual laboratory is considered as a system in which it is possible to distinguish a certain hierarchy of subtasks implemented within a certain algorithmic structure. Decomposition into levels and subtasks is determined by the features of the problem and the existing relationships in the system. The presence of a formal description of applications and data, as well as the joint use of the entered operations will make it possible to create software techniques at a higher level. Analysis of tools for creating virtual laboratories showed the presence of some universal scheme.

Keywords: virtual laboratory, modeling of processes, virtual system, interactive scenario, electronic training

Современные технологии электронного обучения предъявляет новые требования к формам и способам организации электронных образовательных ресурсов, одним из видов которых являются виртуальные лабораторные практикумы (ВЛП). Большинство авторов ВЛП рассматривается как «аппаратно-программные комплексы с дистанционным (удаленным) доступом, предназначенные для имитации процессов, протекающих в изучаемых реальных объектах» [1].

Виртуальную лабораторию можно также определить как «программно-аппаратный комплекс, который позволяет проводить опытно-экспериментальные действия либо без непосредственного контакта с реальным лабораторным оборудованием, либо при отсутствии такового» [2].

Отсутствие непосредственного контакта предполагает управление лабораторной

установкой дистанционно, с удаленным доступом. В этом случае существует реальная лаборатория, а также программно-аппаратное обеспечение для ее управления, обработки полученных цифровых данных и средства осуществления коммуникации.

В другом случае отсутствие соответствующего лабораторного оборудования можно заменить компьютерной моделью, отображающей все реальные процессы.

Несмотря на то, что виртуальными часто называют лаборатории обоих типов, в большей степени это название подходит к лабораториям второго вида, речь о которых и пойдет далее.

Необходимость разработки виртуальных лабораторий связана с трудностями создания лабораторий в условиях реального образовательного процесса. Эти трудности могут возникать как при создании новых, так и при модернизации лабораторий со

старым оборудованием. Таким образом решаются вопросы закупки дорогостоящего оборудования, реактивов и расходных материалов.

Кроме того, виртуальные лаборатории позволяют: визуализировать процессы и явления на экране компьютера; моделировать процессы, протекание которых в реальных условиях принципиально невозможно; наблюдать процессы и явления в другом масштабе времени, ускоряя и замедляя процесс их протекания [1, 3]. Немаловажным преимуществом виртуальных лабораторий является их безопасность, особенно в случаях, связанных с опасными условиями протекания экспериментов.

Управление виртуальными процессами компьютером дает возможность быстрого проведения серии опытов с различными входными и выходными параметрами, что часто является необходимостью при определении зависимости между ними. В некоторых случаях требуется последующая цифровая обработка достаточно больших массивов данных, которая также выполняется компьютером после проведения серии экспериментов.

Виртуализация процессов позволяет избежать ошибок, связанных с вводом данных в реальную установку, так как в случае виртуальной лаборатории это происходит автоматически с последующим сохранением в электронной таблице результатов экспериментов. Это позволяет не только значительно уменьшить процент ошибок, но и сэкономить время.

Отдельное преимущество виртуальной лаборатории заключается в возможности ее использования в дистанционном обучении, когда у обучающихся отсутствует возможность работы в лабораториях образовательной организации.

Конечно, приобретение компьютерного оборудования и соответствующего программного обеспечения для виртуальных лабораторий также требует определенных материальных затрат. Однако этот недостаток компенсируется универсальностью компьютерной техники и долговременностью использования виртуальной лаборатории.

Для построения инфраструктуры виртуальной лаборатории необходима некоторая универсальная схема, в которой формализуется описание данных, моделей, методов, приложений и результатов. Это дает в последующем возможность конструировать различные методики из элементарных приложений.

Как правило, эта схема предусматривает «средства численного моделирования различных процессов и явлений, источники

данных, в том числе – эмулирующие процессы в информационно-измерительных системах, инструменты интерпретации полученных результатов (включая визуализацию), а также инфраструктуру, обеспечивающую их использование посредством сети Интернет» [4].

Рассматривая виртуальную лабораторию как систему, можно выделить в ней определенную иерархию подзадач, реализуемых в рамках определенной алгоритмической структуры. Декомпозиция на уровни и подзадачи определяется особенностями задачи и существующими взаимосвязями в системе. При этом все решаемые задачи должны быть синхронизированы и согласованы. Формальная декомпозиция должна быть проведена и в структуре системы. Необходимо разделять информационные и управляющие связи. Это позволит сформировать заданный функционал системы и сделает ее открытой для включения новых методов и приложений. Наличие формализованного описания приложений и данных, а также совместное использование введенных операций даст возможность создавать программные методики более высокого уровня.

Возможностями используемой инструментальной среды определяются особенности конструирования сценария. Она характеризуется формализованным описанием функциональных возможностей элементарных приложений, особенностями среды алгоритмизации и среды формирования иерархии сценариев.

В общем случае сценарий может рассматриваться как совокупность элементарных приложений (кадров, фрагментов) с конкретной алгоритмической структурой и определенными данными. Каждый такой фрагмент характеризуется типом данных, уровнем сложности, технологией доступа к данным, временем принудительного начала и окончания предъявления, а также большим количеством прочих параметров и признаков.

Уровень доступа определяется созданной иерархией сценариев, которая определяет вложенность реализуемой структуры и позволяет своевременно блокировать вложенные процессы. Решение вопросов согласования данных различных приложений обеспечивается возможностями настройки параметров системы, включенных в общий сценарий.

Пользовательский сценарий создается на основе использования стандартизированного интерфейса, формирования алгоритмической структуры программных приложений и задания переходов между ними

по условиям его завершения. Механизмы реализации пользовательского интерфейса направлены на оперативное создание пользователем необходимых методик посредством типового набора универсальных приложений. Помимо реализации основных алгоритмов исполняемые приложения должны обеспечивать работу с внешними файлами, обмен данными по сети, запуск и взаимодействие с внешними сервисами посредством OLE-автоматизации [5,6].

Таким образом, функциональные возможности пользователя обеспечиваются специализированными конструкторами и особенностями интерактивного сценария, определенного иерархией созданных приложений, алгоритмической структурой, параметрами запуска и блокировки параллельных процессов.

Разграничение функционала инвариантной и предметных составляющих виртуальной лаборатории позволяет сделать наиболее технологически удобным процесс перепрограммирования части системы. Доступность приложений друг для друга обеспечивается единообразием данных и связей. Подобное распределение функций являются скрытым от конечного пользователя.

Несмотря на явные преимущества применения виртуальных лабораторий в учебном процессе их количество достаточно мало. Это обусловлено, прежде всего, дороговизной их разработки. Профессиональные программисты, дизайнеры и специалисты в моделируемой области не заинтересованы в подобной разработке, так как ее высокая стоимость мешает широкому распространению. Непрофессиональные разработчики создают виртуальные лаборатории, моделирующие узкий класс процессов. Это определяет их невысокую стоимость, но конечный пользователь не всегда получает удовлетворительный результат.

Главным недостатком виртуальных лабораторий считается отсутствие прямого контакта с объектом исследования, приборами и аппаратурой. Нельзя отменить необходимость приобретения опыта работы с реальным оборудованием. Поэтому в реальной образовательной практике необходимо сочетание использования реальных и виртуальных лабораторий с учетом присущих им достоинств и недостатков.

Таким образом, продуманное сочетание использования реальных и виртуальных лабораторий позволит обеспечить наибольшую эффективность образовательного процесса в сочетании с меньшими финансовыми затратами.

Список литературы

1. Болгова В.В., Богачёва А.В., Духанов А.В., Князьков К.В., Бухановский А.В. Инфраструктурное обеспечение виртуальных лабораторных практикумов для междисциплинарных образовательных программ в рамках концепции облачных вычислений // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 92.
2. Ковалев Г.И., Карауш С.А. Вариативность использования учебных материалов при дистанционном проведении лабораторных работ // Открытое и дистанционное образование. – 2015. – № 3(59). – С.10–15.
3. Юдина Л.В., Бершадская Е.Г. Использование технологий дополненной реальности в программной инженерии // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–1. С. 95–96.
4. Князева Е.М. Лабораторные работы нового поколения [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (ч. 3). – URL: www.rae.ru/fs/?section=show_article&article_id=9999298 (дата обращения: 20.11.2018).
5. Ефимчик Е.А., Лямин А.В. Особенности разработки алгоритмов автоматизации процесса построения заданий для виртуальных лабораторий // Материалы XXIII Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». – Троицк, 2012 – С. 231–232.
6. Саданова Б.М., Олейникова А. В., Альберти И. В., Одинцова Е. А., Плеханова Е. Н. Применение возможностей виртуальных лабораторий в учебном процессе технического вуза // Молодой ученый. – 2016. – №4. – С. 71–74. – URL: <https://moluch.ru/archive/108/25945/> (дата обращения: 1.02.2019).

УДК 654.165

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ 5G-СЕТЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лукинов В.А.

*Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург,
e-mail: v.a.lukinov@list.ru*

В данной статье рассмотрены проблемы реализации технологии сетей пятого поколения в Российской Федерации. Сети 5G это мобильная связь, которая придет на смену действующим на данный момент технологиям 4G и 3G. Проанализированы пути решения проблем, из-за которых возникают проблемы быстрого внедрения данной технологии в нашей стране. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны сетей пятого поколения. Каждые десять лет появляются новые поколения мобильной связи. Новое поколение связи серьезно увеличивает скорость передачи данных. Сети пятого поколения – это, несомненно, предел имеющихся на данный момент технологий микроэлектроники и радиотехники. Технология 5G объединила в себя все самые последние и передовые разработки человечества со стороны коммуникаций и информационных технологий. Разработчики утверждают, что сети пятого поколения смогут запустить новый механизм экономического прогресса и значительно улучшат жизнь каждого человека нашей планеты. Каждый на Земле гарантированно получит высокую скорость сети, благодаря которой удовлетворяются любые потребности человека. На данный момент у пользователей нет потребности в огромных скоростях технологии 5G, но с внедрением данной технологии она обязательно появится.

Ключевые слова: сети пятого поколения, проблемы, мобильные сети, технологии 5G

PROBLEMS OF 5G TECHNOLOGY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Lukinov V.A.

St. Petersburg State University of Film and Television, St. Petersburg, e-mail: v.a.lukinov@list.ru

This article discusses the problems of implementing the technology of networks of the fifth generation in the Russian Federation. The 5G network is a mobile connection that will replace the current 4G and 3G technologies. Analyzed ways to solve problems, because of which there are problems of the rapid introduction of this technology in our country. The positive and negative aspects of the networks of the fifth generation are considered. Every ten years there are new generations of mobile communications. The new generation of communication seriously increases the speed of data transmission. Fifth generation networks are undoubtedly the limit of currently available technologies of microelectronics and radio engineering. The 5G technology combines all the latest and most advanced human development from communications and information technologies. The developers claim that the networks of the fifth generation will be able to launch a new mechanism of economic progress and significantly improve the life of every person on our planet. Everyone on Earth is guaranteed to receive a high-speed network, thanks to which any human needs are met. At the moment, users have no need for huge speeds of 5G technology, but with the introduction of this technology, it will definitely appear.

Keywords: fifth generation networks, problems, mobile networks, 5G technology

В век высоких технологий происходит серьезное развитие сферы телекоммуникаций, сегодня людям трудно представить жизнь без мобильных систем и технологий.

В Женеве, в 2012 году, на Всемирной конференции радиосвязи были продемонстрированы технологии LTEAdvanced и WiMAX 2, они признаны технологиями четвертого поколения, или ещё их называют – технологиями 4G. Они дают возможность осуществлять передачу данных со скоростью, которая может превышать 100 Мбит/с – подвижным абонентам и 1 Гбит/с – стационарным. В 2015 году начинается разработка сетей следующего поколения – 5G.

Сегодня нельзя дать однозначного стандарта для сетей пятого поколения, но от некоторых телекоммуникационных компаний поступают предложения, направленные на развитие 5G сетей, таких как: Huawei,

Ericsson, Nokia. Сеть пятого поколения станет последней и обобщенным стандартом для беспроводных технологий.

В 5G сетях планируется работа неограниченного количества устройств, начиная от бытовой техники и заканчивая автомобильной промышленностью. Для качественной работы беспроводных сетей необходимо серьезное улучшение их главных параметров, таких как: увеличение скорости передачи данных, увеличение ёмкости сетей и уменьшение задержек передачи. [1, с. 54]

«Интернет вещей» – ключевая технология сетей пятого поколения. Интернет вещей – это не только большое количество датчиков и устройств, связанных между собой беспроводной сетью, но и тесная интеграция реального и виртуального миров, в которых осуществляется связь между людьми и устройствами. Эта технология по-

зволит не только объединить все бытовые гаджеты, но и охватить все сферы занятости человека. Это показано на рис. 1.

до 300 Мбит/сек, к примеру, это позволит загрузить фильм за 2 минуты, технологии же 5G обещают сделать то же самое



Рис. 1. Охват технологии 5G сетей в жизни человека

В России впервые испытали технологии 5G на высокой скорости. Компания Мегафон одна из первых в мире протестировала в Нижнем Новгороде новую систему мобильной передачи данных в диапазоне 5Гбит/сек. Ранее эта компания уже разворачивалась в 2016 году, на Петербургском международном экономическом форуме, где продемонстрировала передачу данных в 1 Гбит/сек. Преодолеть порог в гигабит – это долгожданное событие ещё со времени выхода стандарта 4G сетей. Очередной запуск сети 5G – это, несомненно, прорыв в сфере телекоммуникаций.

На сегодняшний день Российские операторы сотовой связи предлагают доступ в интернет через 4G со скоростью

за 2 секунды. Поставлены новые рекорды по скорости, тем самым увеличен и потенциал новых возможностей. С учетом того, что новые стандарты появляются каждые десять лет, эксперты прогнозируют старт коммерческих продаж 5G совместных телефонов к 2020 году, и к 2025 их объём превысит 300 млн. штук [2].

Сети пятого поколения не являются эволюцией 4G, это стандарт с принципиально новой системой связи, который позволит увеличить объём бесперебойной пропускной способности. Пятое поколение создается с перспективой на будущее, этому стандарту дана ключевая роль в развитии «Интернет вещей» и виртуальной реальности.

Таблица 1

4G против 5G

	4G/LTE	5G
Загрузка данных	42 Мб/с	100 мб/с
Скорость исходящей связи	25 Мб/с	50 Мб/с
Загрузка данных (теоретическая)	1 Гб/с	20 Гб/с
Скорость исходящей связи (теоретическая)	500 Мб/с	10 Гб/с
Задержки (плоскость управления)	100 ms	50ms
Задержки (плоскость пользователя)	10 ms	1 ms
Частотный диапазон	700–2100 МГц	28–40 ГГц

Проблема покрытия и доступности к сети 5G, решена путем ориентирования на абонентов. В отличие от сетей прошлого поколения, радиопокрытие сети 5G будет приспосабливаться к всё более растущим потребностям абонентов, для чего будет применяться автоматические фазированные антенные решетки, которые способны динамически измерять диаграммы направленности антенных систем. Так же планируется использование всего доступного частотного диапазона, а на коротких расстояниях – миллиметрового диапазона.

У сетей пятого поколения, как и у многих других технологий, есть проблемы, из-за которых сверхбыстрое внедрение такой сети невозможно. Необходимо отметить, что разница во времени начиная с 1G (1980–е) и до 5G около 40 лет. Эти года объединяют общие проблемы: отсутствие инфраструктуры, методики исследования, а также стоимости [2].

развитие данной технологии российские операторы готовы выделить более десяти миллиардов долларов. Эта проблема связана с неготовностью государства проводить аукционы по распределению частотных диапазонов. Российским операторам необходимо около 600 МГц спектра в диапазоне 3.4–3.8 ГГц. На сегодняшний день данный диапазон занят наземными терминалами спутниковой связи VSAT, в доступе находится лишь несколько десятков МГц. В Москве и Санкт-Петербурге свободных частот практически нет.

Телекоммуникационная компания «Мобильные ТелеСистемы – МТС» согласна с тем, что для качественного развития систем коммуникаций в России необходимо выделять и расчищать частоты для внедрения 5G технологий. Решением этой проблемы может стать государственный приказ, устанавливающий приоритет для сетей 5G в использовании частот диапазона 3.4–3.8 ГГц.

Таблица 2

Эволюция мобильной связи

Поколение	1G	2G	3G	4G	5G
Год выпуска	1984	1991	2002	2010	2020
Максимальная скорость	1,9 Кбит/с	14,4 Кбит/с	3,6 Мбит/с	1 Гбит/с	20 Гбит/с

Достоинства и недостатки сетей 5G

Плюсы:

1. Высокая скорость передачи данных
2. Появление новейших технологий
3. Возможность приобретения устройств с малым объемом памяти

Минусы:

1. Технология 5G будет дорогостоящей
2. Необходимость новых стандартов, мощных микропроцессоров и программного обеспечения.

Проблемы технологии 5G подразделяют на технологические и общие.

Технологические проблемы:

1. Межъядерные помехи;
2. Эффективное управление доступом к среде;

3. Управление трафиком

Общие проблемы:

1. Связь, навигация и зондирование;
2. Безопасность и конфиденциальность;
3. Киберпреступность

Ключевой проблемой развития технологии 5G в России является проблема с частотами. Иностранные эксперты считают, что к 2025 году около восьмидесяти процентов населения Российской Федерации окажутся в зоне покрытия 5G сетей, число подключений достигнет отметки 50 миллионов. На

Проблемы развития технологии 5G связано с тем, что в стране нет собственной современной микроэлектроники, массового производства решений инфраструктуры – базовых станций 5G, решений ядра сети. В мире частоты в диапазоне 3.4–3.8 ГГц распределены в Ирландии, Италии, Испании, Объединённом Королевстве и Финляндии. [3]

В доле диапазона 3.4 – 3.8 ГГц предлагается признать нерациональным его использование радиорелейными станциями в декабре 2019 г. Часть диапазона – 3.4–3.6 ГГц освободят для сетей фиксированного беспроводного доступа в марте 2021 г. В 19 крупных городах планируется перевести их в «Ки-диапазон» – это диапазон в пределах 10.7–12.75 ГГц. Так же для решения данной проблемы планируется перенести командно-измерительные станции фиксированной спутниковой службы из Москвы в Московскую область. Государственная комиссия по радиочастотам запретит использование частоты в диапазоне от 3.4 до 3.8 ГГц иностранным космическим аппаратам.

В Швейцарии оператор связи TeliaSonera вместе с компанией Ericsson продемонстрировали передачу данных в 15 Гбит/с

сек, рассчитанного на одного пользователя, при этом время отклика составило менее 3 миллисекунд. Полученные показатели в сорок раз выше показателей действующей сети четвертого поколения – 4G. Руководство компании TeliaSonera в 2018 году запустило коммерческие 5G сети в Стокгольме и Таллине.

Первенство на рынке беспроводного оборудования занимает компания Huawei. На протяжении нескольких лет этой компании принадлежат почти все значимые рекорды по скорости мобильного интернета. В 2016 году на сайте Huawei появилась информация о том, что вместе с компанией Vodafone им удалось повысить скорость в сети до 20 Гбит/сек в Е-диапазоне. Так же компания Huawei заявила, что к 2018 году в России появится 5G сеть, которая будет обслуживать города, где будет проходить чемпионат мира по футболу.

Международным союзом электросвязи определена скорость в 20 Гбит/сек, но Huawei планирует создать гораздо более скоростные сети. На форумах презентуются прототипы станций и приемников, которые позволяют поддерживать передачу данных со скоростью 115 Гбит/с. Компании удалось передать 10 Гбит/с абоненту, движущемуся со скоростью 120 км/ч [4].

По общим оценкам строительство технологии 5G в России обойдется в сумму от 73 миллиардов рублей до 610 миллиардов рублей.

Решить проблему с частотами в диапазоне 700 МГц можно путем отключения аналогового ТВ. Данная проблема решается с 2014 года, но сроки неоднократно ме-

нялись. В правительстве поставлен вопрос об отключении аналогового ТВ в начале 2019 года. В связи с этим в союзе операторов мобильной связи планируется перенести сети цифрового эфирного ТВ. Предлагается уменьшить диапазон, доступный для цифрового ТВ. На сегодняшний день на цифровое ТВ выделены частоты 174–230 МГц и 470–790 МГц [5].

Сейчас ещё сложно говорить о сроках внедрения и реализации сетей пятого поколения. За сети 5G взялись резко, однако, отсутствие единого стандарта и не разрешённая проблема с частотами – всё это задачи, поставленные перед их разработчиками. Да, Мир, несомненно, получит единую, стабильную, высокодоступную сеть нового поколения, но для этого компаниям – разработчикам необходимо прежде решить поставленные задачи. Представители Международного союза электросвязи уверены, что технологии 5G сетей станут последним этапом в развитии беспроводных сетей.

Список литературы

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: учебник для вузов // СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 402 с.
2. Технологии 5G. – URL: <https://www.wikiwand.com/ru/5G> (дата обращения: 9.03.2019).
3. Материалы сайта «Яндекс Дзен». – URL: <https://zen.yandex.ru/media/techzone/5g-internet-v-rossii-5ac3d710d7bf21e30846e04a> (дата обращения: 10.03.2019).
4. Компания Huawei о разработке технологии 5G. – URL: <https://www.huawei.com/minisite/russia/5g/about.html> (дата обращения: 9.03.2019).
5. Пятое поколение мобильной связи. – URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:5G_\(пятое_поколение_мобильной_связи\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:5G_(пятое_поколение_мобильной_связи)). (дата обращения: 10.03.2019).

УДК 004.94

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**Лысцов Н.А., Мартышкин А.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье приводятся примеры применения технологии нейронных сетей в различных сферах общества. Также рассмотрен базовый принцип построения и функционирования нейронной сети и искусственного нейрона, в частности. Технология нейронной сети представляет собой более упрощенную модель реальной, биологической нейронной сети. Идея о создании аналога биологической сети появилась в теории искусственного интеллекта. Искусственный нейрон является частью нейронной сети, его функция заключается в формировании выходных сигналов в зависимости от тех, что были поданы на его входы. Составными частями нейрона являются входы, синапсы, функция активации, аксон и выход. Сети, построенные на технологии искусственных нейронов, имеют широкое применение. Они могут распознавать образы, делать прогнозы, анализировать большие объемы данных. Данная технология уже имеет примеры успешного применения. Данную технологию используют китайскими правоохранительными органами для выявления преступников и поддержания порядка в городах. Так же сети позволяют делать прогнозы, в частности прогнозировать котировки акций на биржах и фондовых рынках. Особенно успешно системы данного типа применяются в медицине. Благодаря способности обрабатывать и анализировать большие объемы информации ЭВМ, оснащенные системой искусственного интеллекта на базе нейронных сетей, могут ставить точные диагнозы пациентам и своевременно назначать необходимое лечение. Как итог можно отметить, что технология нейронных сетей имеет большое будущее, так как находит свое применение в самых различных сферах жизни.

Ключевые слова: нейронная сеть, нейросеть, искусственный нейрон, образ, прогнозирование, анализ**NEURAL NETWORKS. APPLICATIONS AND PROSPECTS****Lystsov N.A., Martyshev A.I.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

The article provides examples of the application of neural network technology in various areas of society. The basic principle of construction and functioning of a neural network and an artificial neuron in particular is also considered. Neural network technology is a more simplified model of a real, biological neural network. The idea of creating an analogue of a biological network appeared in the theory of artificial intelligence. An artificial neuron is a part of a neural network, its function is to generate output signals depending on those that were fed to its inputs. The components of the neuron are the inputs, synapses, activation function, axon and output. Networks built on artificial neuron technology are widely used. They can recognize images, make predictions, analyze large amounts of data. This technology already has examples of successful application. This technology is used by Chinese law enforcement agencies to identify criminals and maintain order in cities. Networks also allow making forecasts, in particular, forecasting stock quotes on stock exchanges and stock markets. Particularly successful systems of this type are used in medicine. Thanks to the ability to process and analyze large amounts of computer information, equipped with an artificial intelligence system based on neural networks, they can make accurate diagnoses to patients and prescribe the necessary treatment in a timely manner. As a result, it can be noted that the technology of neural networks has a great future, as it finds its application in various spheres of life.

Keywords: neural network, neural network, artificial neuron, image, prediction, analysis

Нейронные сети (Neural Networks) – это модели биологических нейронных сетей мозга, в которых нейроны имитируются относительно простыми, часто однотипными, элементами (искусственными нейронами). Идея нейронных сетей родилась в рамках теории искусственного интеллекта, в результате попыток имитировать способность биологических нервных систем обучаться и исправлять ошибки. В 1948 году была опубликована книга Н. Винера о кибернетике. Основной идеей является представление сложных биологических процессов математическими моделями [1]. Нейронные сети широко используются для решения разнообразных задач. Среди областей применения нейронных сетей: автоматизация процессов распознавания образов, прогнозирование, адаптивное управление, создание экспертных систем, организация

ассоциативной памяти, обработка аналоговых и цифровых сигналов, синтез и идентификация электронных цепей и систем. Модели нейронных сетей могут быть программной и аппаратной. Нейронная сеть представляет собой совокупность нейронов, которые составляют слои. В каждом слое нейроны между собой никак не связаны, но связаны с нейронами предыдущего и следующего слоев. Информация поступает с первого на второй слой, со второго – на третий и т.д. Количество слоев и нейронов в них определяют точность и достоверность получаемых результатов при решении задач, т. е. чем больше слоев и нейронов на каждом слое – тем меньше ошибок и выше надежность работы сети. Однако, если построить слишком большую сеть, то можно столкнуться с уменьшением производительности и увеличением слож-

ности модели. Потому при выборе архитектуры сети следует принимать во внимание условия решаемой задачи. Так как нейронные сети строятся на искусственных нейронах, имеет смысл рассмотреть их строение и функционирование.

Искусственный нейрон (формальный нейрон) – элемент искусственных нейронных сетей, моделирующий некоторые функции биологического нейрона. Главная функция искусственного нейрона – формировать выходной сигнал в зависимости от сигналов, поступающих на его входы. В самой распространенной конфигурации входные сигналы обрабатываются адаптивным сумматором, который выполняет сложение сигналов, поступающих по синаптическим связям от других нейронов и внешних входных сигналов. Затем выходной сигнал сумматора поступает в нелинейный преобразователь для вычисления состояния нейрона, где преобразуется функцией активации, и результат подается на выход (в точку ветвления). Нейрон характеризуется текущим состоянием и обладает группой синапсов –

однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов. Общий вид искусственного нейрона приведен на рисунке.

Нейрон имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал поступает на синапсы следующих нейронов. Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи (ее весом w_i). Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов S , формула вычисления которой представлена на рисунке.

Выход нейрона есть функция его состояния: $y = f(s)$.

Активационная (характеристическая) функция – это нелинейная функция, вычисляющая выходной сигнал формального нейрона. На практике при разработке НС часто используют жесткую пороговую, линейную или сигмоидальную функцию. Выбор функции определяется спецификой поставленной задачи, либо ограничениями, накладываемыми некоторыми алгоритмами обучения. Для более подробного ознакомления стоит обратиться к специальной литературе [2, 3].

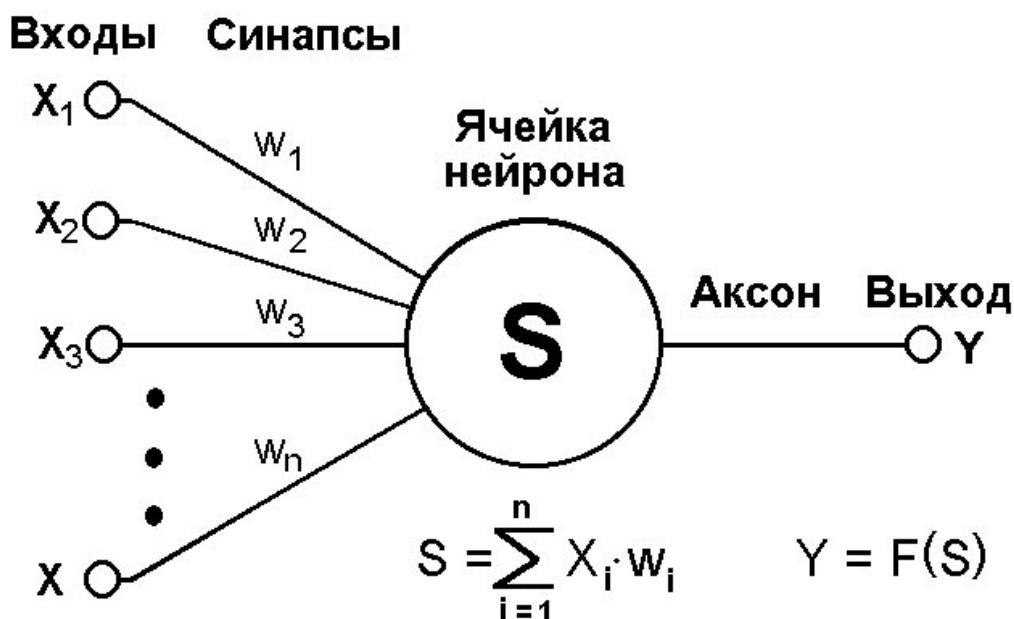


Схема искусственного нейрона

Далее стоит рассмотреть применения нейронных сетей и их перспективы. Самое, пожалуй, известное применение этой технологии – это распознавание образов и классификация. Более подробно о строении и работе этой технологии можно узнать из книги [4]. В качестве образов могут выступать различные по своей природе объекты: символы текста, изображения, образцы звуков и т. д. При обучении сети предлагаются различные образцы образов с указанием того, к какому классу они относятся. Образец, как правило, представляется как вектор значений признаков. При этом совокупность всех признаков должна однозначно определять класс, к которому относится образец. В случае, если признаков недостаточно, сеть может соотнести один и тот же образец с несколькими классами, что неверно. По окончании обучения сети ей можно предъявлять неизвестные ранее образы и получать ответ о принадлежности к определённому классу. Топология такой сети характеризуется тем, что количество нейронов в выходном слое, как правило, равно количеству определяемых классов. При этом устанавливается соответствие между выходом нейронной сети и классом, который он представляет. Когда сети предъявляется некий образ, на одном из её выходов должен появиться признак того, что образ принадлежит этому классу. В то же время на других выходах должен быть признак того, что образ данному классу не принадлежит. Если на двух или более выходах есть признак принадлежности к классу, считается, что сеть «не уверена» в своём ответе.

Такое применение нейросети крайне полезно, например, правоохранительным органам. Например, в Китае активно работает подобная система. Каждый полицейский оснащен смарт-очками, оборудованными камерой и дисплеем. Очки связаны с базой данных правоохранительных органов Китая. Чтобы проверить личность подозреваемого человека, полицейскому надо посмотреть на него с расстояния не больше пяти метров и с ракурса, при котором видно не меньше 70% лица. Система распознавания лиц автоматически начнет искать совпадения в базе данных; на поиск нужно 2–3 минуты. Если совпадение найдено, система сообщит имя и домашний адрес человека. Первыми устройством начали использовать полицейские города Чжэнчжоу в китайской провинции Хэнань. С 1 февраля они надевают смарт-очки во время дежурства на железнодорожном вокзале Чжэнчжоу, дневной пассажиропоток которого обычно вырастает с 60 до 90 тысяч человек во время китайского нового года. За полторы неде-

ли использования смарт-очков полиция уже поймала с их помощью семерых человек, подозреваемых в разных преступлениях – от дорожных аварий до похищения людей. Еще 26 человек были задержаны за то, что пользовались фальшивыми ID-картами.

Вторым наиболее известным свойством данной технологии является прогнозирование. Способности нейронной сети к прогнозированию напрямую следуют из её способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать будущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и (или) каких-то существующих в настоящий момент факторов. Следует отметить, что прогнозирование возможно только тогда, когда предыдущие изменения действительно в какой-то степени предопределяют будущее. Например, прогнозирование котировок акций на основе котировок за прошлую неделю может оказаться успешным (а может и не оказаться), тогда как прогнозирование результатов завтрашней лотереи на основе данных за последние 50 лет почти наверняка не даст никаких результатов. Более подробно данная тема рассматривается в книге [5].

Также нейронные сети используются и в медицине. Разработанный фирмой IBM суперкомпьютер Watson оснащен системой искусственного интеллекта, в основе которой лежит технология искусственных нейронов. Основная задача Уотсона – понимать вопросы, сформулированные на естественном языке, и находить на них ответы в базе данных. Watson состоит из 90 серверов IBM p750, каждый из которых оснащен четырьмя восьмиядерными процессорами архитектуры POWER7. Суммарный объем оперативной памяти – более 15 терабайт. Система имела доступ к 200 млн страниц структурированной и неструктурированной информации объемом в 4 терабайта, включая полный текст Википедии. В 2013 году компьютер IBM Watson поступил в коммерческую эксплуатацию в качестве врача-диагноста. Врачи из института медицинских наук Токийского университета пытались лечить женщину, страдающую от лейкемии, но лечение оказалось неэффективным. Тогда они обратились за помощью к IBM Watson, чтобы попытаться найти более эффективное решение. Диагноз компьютера был неожиданным. Он определил, что женщина на самом деле страдает от другой формы лейкемии, а не от той, от которой её лечили врачи. IBM Watson поставил диагноз с учётом генетических данных пациентки и истории её болезни. Эти параметры ком-

пьютер сравнил с информацией из 20 млн других историй болезни в своей базе. Он диагностировал другую форму лейкемии и, соответственно, предложил другое лечение. Подробнее об устройстве и функционировании данной системы можно узнать из книги [6].

Как видно, нейронные сети имеют большие перспективы в будущем. Их применение практически безгранично, будь то распознавание образов и прогнозирование, или же анализ данных и постановка точных диагнозов. Поскольку, экономические, финансовые и социальные системы очень сложны и являются результатом действий и противодействий различных людей, то является очень сложным (если не невозможным) создать полную математическую модель с учетом всех возможных действий и противодействий. Нейронные сети же, способные обучаться на основе вложенных в них данных и результатах прошлых дей-

ствий – способны решать задачи подобного рода сложности.

Список литературы

1. Винер Кибернетика Н. Или контроль и коммуникация у животных и машин / пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; под ред. Г.Н. Поварова. – 2-е изд. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Злобин В.К., Ручкин В.Н Нейросети и нейрокompьютеры / BHV, 2011. – 256 с.
4. Ферцев А.А. Реализация нейронной сети для распознавания изображений с помощью технологии NVIDIA CUDA / Синергия, 2011. – 9 с.
5. Бутусов О.Б., Смоллер А.В., Мешалкин В.П., Никифорова О.П., Нигматуллин Р.М. Информационная система прогнозирования доходности паевых инвестиционных фондов с помощью нейронной сети обратного распространения / Синергия, 2011. – 5 с.
6. Miller J. IBM Watson Projects / Packt Publishing Ltd, 2018. – 340 p.

УДК 004.31

**ОБЗОР НЕКОТОРЫХ АКТИВАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО НЕЙРОНА****Малышев А.Н., Данилов Е.А.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru*

В данной статье был проведен обзор некоторых активационных функций математического нейрона. Отмечено, что искусственные нейронные сети важное направление в современной науке позволяющее найти решения для многих задач. Приведены важные моменты в развитии искусственных или математических нейронов. Рассмотрена математическая модель нейрона и описана ее работа. Указана необходимость применения активационной функции на выходе математического нейрона для преобразования выходного сигнала. Перечислены некоторые активационные функции. Наиболее простая это функция единичного скачка. Часто применяется логистическая функция из семейства сигмоидальных функций. Последней описывается активационная функция гиперболический тангенс применяемая биологами и относящейся к семейству сигмоидальных функций. Для каждой из активационных функций приводится графическое изображение и математическая формула. Указаны преимущества и недостатки разных активационных функций. Рассмотрены основные свойства логистической функции. Приведено ее преимущество перед функцией единичного скачка. Отмечено что гиперболический тангенс обладает всеми полезными свойствами логистической функции. Указано что искусственные нейронные сети способны решать задачи до последнего времени считавшиеся трудно решаемыми или вообще не решаемыми на вычислительных машинах с классической архитектурой.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственные нейронные сети, искусственный нейрон, математический нейрон, перцептрон, активационная функция, функция активации, единичный скачок, сигмоидальная функция, логистическая функция, гиперболический тангенс

OVERVIEW OF SOME ACTIVATION FEATURES MATH NEURON**Malyshev A.N., Danilov E.A.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru*

This article has reviewed some activation functions of a mathematical neuron. It is noted that artificial neural networks are an important direction in modern science allowing to find solutions for many problems. The important points in the development of artificial or mathematical neurons are given. The mathematical model of a neuron is considered and its work is described. The necessity of using the activation function at the output of a mathematical neuron to convert the output signal is indicated. Some activation features are listed. The simplest is the binary step function. Often, a logistic function from the family of sigmoidal functions is used. The latter describes the activation function of the hyperbolic tangent used by biologists and belonging to the family of sigmoidal functions. For each of the activation functions, a graphic image and a mathematical formula are provided. The advantages and disadvantages of different activation functions are indicated. The main properties of the logistic function are considered. Its advantage over the binary step function is given. It is noted that the hyperbolic tangent has all the useful properties of the logistic function. It is indicated that artificial neural networks are capable of solving problems that until recently were considered difficult to be solved or not solved at all on computers with classical architecture.

Keywords: neural networks, artificial neural networks, artificial neuron, mathematical neuron, perceptron, activation function, binary step, sigmoidal function, logistic function, hyperbolic tangent

Искусственные нейронные сети – это одно из направлений исследований в области искусственного интеллекта, основанное на попытках воспроизвести техническими средствами свойства нервной системы человека.

Нейрон Маккаллока–Питтса был ранней моделью функционирования мозга. Эта линейная модель могла распознавать две категории выходов, проверяя, является значение $f(x, w)$ положительным или отрицательным. Конечно, чтобы модель соответствовала желаемому определению категорий, нужно было правильно подобрать веса. Веса задавал человек. В 1950-е годы был изобретен перцептрон – первая модель, которая могла в процессе обучения находить веса, определяющие категории, имея примеры входных данных из каждой

категории. Модель адаптивного линейного элемента, относящаяся примерно к тому же времени, просто возвращала само значение $f(x)$ для предсказания вещественного числа и также могла обучаться предсказанию чисел на данных [1].

Искусственный нейрон является структурной единицей искусственной нейронной сети и представляет собой аналог биологического нейрона.

С математической точки зрения искусственный нейрон – это сумматор всех входящих сигналов, применяющий к полученной взвешенной сумме некоторую простую, в общем случае, нелинейную функцию, непрерывную на всей области определения [2] (рис. 1). Обычно, данная функция монотонно возрастает. Полученный результат посылается на единственный выход.

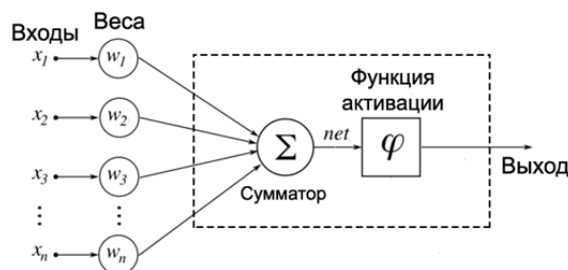


Рис. 1. Математический нейрон

Искусственные нейроны объединяются между собой определенным образом, образуя искусственную нейронную сеть. Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены. Он обладает группой синапсов – односторонних входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал поступает на синапсы следующих нейронов.

Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи или ее весом w_i , который является эквивалентом электрической проводимости биологических нейронов [3].

Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма (net) его входов x_i .

$$net = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

Просто так подавать взвешенную сумму на выход достаточно бессмысленно. Нейрон должен как-то обработать ее и сформировать адекватный выходной сигнал. Именно для этих целей и используют функцию активации.

Она преобразует взвешенную сумму в число, которое и является выходом нейрона (выход нейрона обозначим переменной out).

Для разных типов искусственных нейронов используют самые разные функции активации. В общем случае их обозначают символом $\phi(net)$. Указание взвешенного сигнала в скобках означает, что функция активации принимает взвешенную сумму как параметр [3].

Активационная функция (Activation function) ($\phi(net)$) – функция, принимающая

взвешенную сумму как аргумент. Значение этой функции и является выходом нейрона (out).

$$out = \phi(net).$$

Самыми известными функциями активации являются:

- функция единичного скачка;
- семейство сигмоидальных или логистических функций;
- гиперболический тангенс.

Самый простой вид функции активации. Выход нейрона может быть равен только 0 или 1. Если взвешенная сумма больше определенного порога b , то выход нейрона равен 1. Если ниже, то 0.

Запишем эту функцию активации математически:

$$out(net) = \begin{cases} 0, & net < b \\ 1, & net \geq b \end{cases}.$$

Выход нейрона (out) зависит от взвешенной суммы (net) следующим образом: если net меньше порога (b), то out равен 0. А если net больше или равен порогу b , то out равен 1.

Графически эту функцию активации можно изобразить следующим образом (рис. 2).

На горизонтальной оси расположены величины взвешенной суммы. На вертикальной оси – значения выходного сигнала. Как легко видеть, возможны только два значения выходного сигнала: 0 или 1. Причем 0 будет выдаваться всегда от минус бесконечности и вплоть до некоторого значения взвешенной суммы, называемого порогом. Если взвешенная сумма равна порогу или больше него, то функция выдает 1.

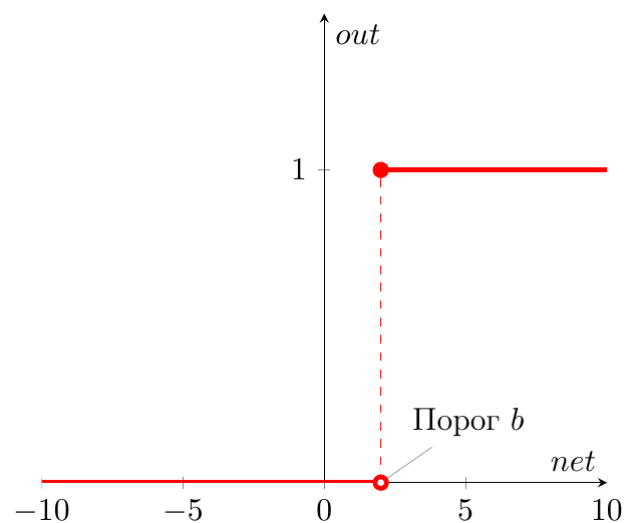


Рис. 2. Функция единичного скачка

Существует целое семейство сигмоидальных функций, некоторые из которых применяют в качестве функции активации в искусственных нейронах [4]. Все эти функции обладают некоторыми очень полезными свойствами, ради которых их и применяют в нейронных сетях. Самая часто используемая в нейронных сетях сигмоида – логистическая функция (рис. 3).

График этой функции представляет некоторое подобие латинской буквы S, откуда и пошло название семейства этих функций.

Математически активационная функция описывается:

$$out(net) = \frac{1}{1 + \exp(-a \cdot net)}.$$

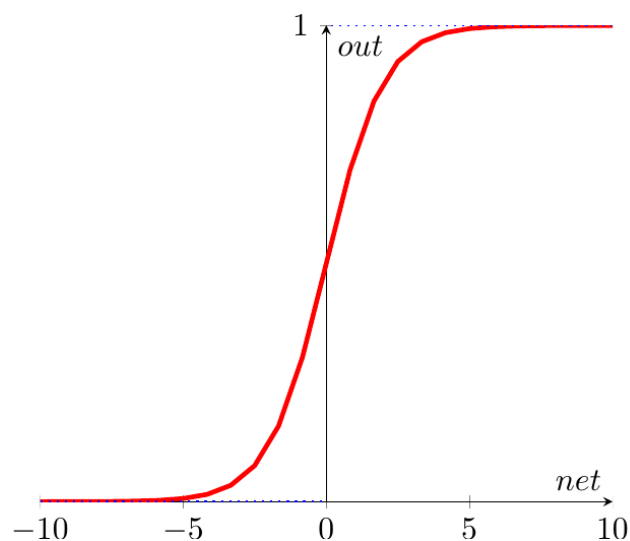


Рис. 3. Логистическая функция

Параметр a – это число, которое характеризует степень крутизны функции. На рис. 4 представлены логистические функции с разными значениями a .

Именно из-за этих свойств логистическая функция чаще всего используется в качестве функции активации в искусственных нейронах.

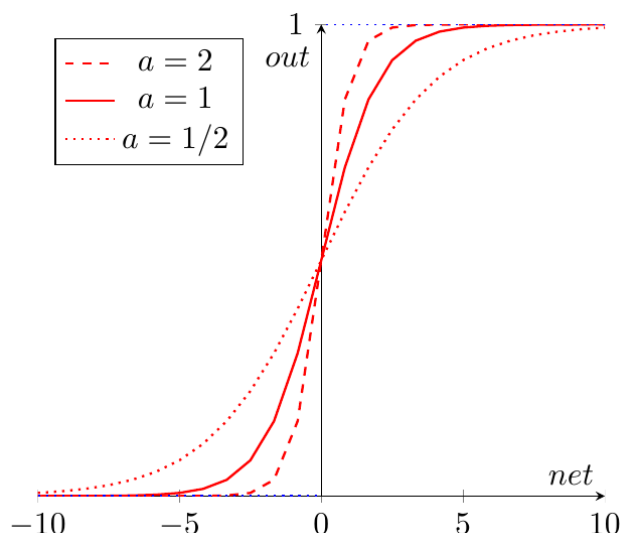


Рис. 4. Логистическая функция с разными значениями параметра a

Значение, получаемое при использовании логистической функции с разными значениями параметра a в качестве функции активации, будет между 0 и 1. Причем чем больше взвешенная сумма, тем ближе выход будет к 1 (но никогда не будет точно ей равен). И наоборот, чем меньше взвешенная сумма, тем ближе выход нейрона будет к 0.

Свойства логистической функции:

- она является «сжимающей» функцией, то есть вне зависимости от аргумента (взвешенной суммы), выходной сигнал всегда будет в пределах от 0 до 1;

- она более гибкая, чем функция единичного скачка – ее результатом может быть не только 0 и 1, но и любое число между ними;

- во всех точках она имеет производную, и эта производная может быть выражена через эту же функцию.

Есть еще одна сигмоида – гиперболический тангенс изображена на рисунке 5. Он применяется в качестве функции активации биологами для более реалистичной модели нервной клетки [5].

Такая функция позволяет получить на выходе значения разных знаков (например, от -1 до 1), что может быть полезным для ряда сетей.

Функция записывается следующим образом:

$$out(net) = \text{th}\left(\frac{net}{a}\right).$$

Параметр a также определяет степень крутизны графика этой функции.

Гиперболический тангенс обладает всеми полезными свойствами, которые имеет и логистическая функция.

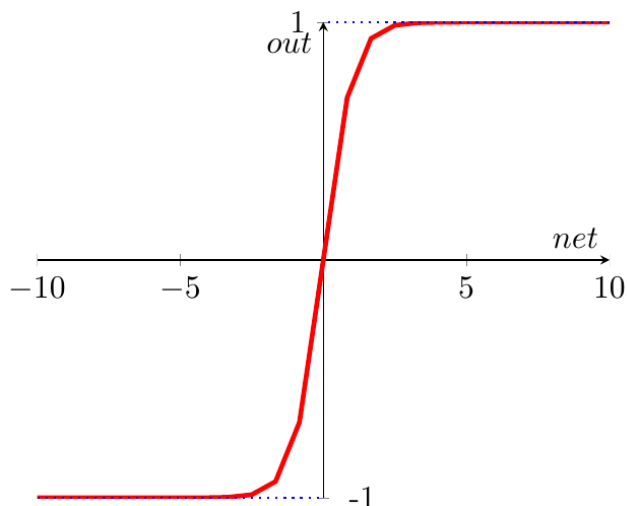


Рис. 5. Гиперболический тангенс

Математическая модель искусственного нейрона с n входами:

$$out = \phi \left(\sum_{i=1}^n x_i w_i \right),$$

где ϕ – функция активации, взвешенная сумма, как сумма n произведений входных сигналов на соответствующие веса:

$$\sum_{i=1}^n x_i w_i.$$

Перспективы развития искусственных нейронных сетей обусловлены тем, что даже на существующем уровне внутренней организации искусственные нейронные сети способны справляться с рядом задач, считавшихся до последнего времени труд-

ными или вообще не поддающимися решению при помощи компьютеров традиционной архитектуры.

Список литературы

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
2. Искусственный нейрон. Структура искусственного нейрона [Электронный ресурс]. – <https://neuronus.com/theory/nn/150-iskusstvennyj-nejron.html> (дата обращения 11.02.2019).
3. Радько П. Электронный учебник [Электронный ресурс]. – <https://neuralnet.info/book/> (дата обращения 11.02.2019).
4. Николенко С., Кадуринов А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
5. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / под общ. ред. В.Б. Новосельцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.

УДК 004.93

РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Маркин Е.И., Зупарова В.В., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: edifiels@penzgtu.ru

Большую часть информации человеческий мозг получает при помощи различных образов, при этом для нас нет никакой сложности, чтобы описывать различные предметы, явления, животных, людей и т.д. Данная задача, которую мы считаем очень простой для себя, для компьютера является весьма сложной, с точки зрения реализации. В последнее время активно начала развиваться такая область искусственного интеллекта как нейронные сети. Нейросети широко применяются в самых различных областях, начиная от систем распознавания речи до распознавания вторичной структуры белка, классификации различных видов рака и генной инженерии, автоматизации процессов распознавания образов, прогнозирования, адаптивного управления, создания экспертных систем, организации ассоциативной памяти, обработки аналоговых и цифровых сигналов, синтеза и идентификации электронных цепей и систем и т.д. Нейронные сети являются частью раздела искусственного интеллекта, в котором для обработки сигналов используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ. В большинстве случаев преобразование сигналов в режиме реального времени приобретает все более распространенную форму. На сегодняшний день существует огромное количество программного обеспечения, использующего возможности технологии искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: распознавание рукописного текста, рекуррентные нейронные сети, сеть Хопфилда, сверточные нейронные сети, машинное обучение

RECOGNITION OF MANUAL TEXT WITH THE USE OF NEURAL NETWORKS

Markin E.I., Zuparova V.V., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: edifiels@penzgtu.ru

The human brain receives most of the information using various images, while there is no difficulty for us to describe various objects, phenomena, animals, people, etc. This task, which we consider very simple for ourselves, is for a computer is very complex in terms of implementation. Recently, such an area of artificial intelligence as neural networks began to actively develop. Neural networks are widely used in various fields, ranging from speech recognition systems to recognition of the secondary protein structure, classification of various types of cancer and genetic engineering, automation of pattern recognition processes, prediction, adaptive management, creation of expert systems, organization of associative memory, processing of analog and digital signals, synthesis and identification of electronic circuits and systems, etc. Neural networks are part of an artificial intelligence section in which phenomena similar to those occurring in the neurons of living beings are used to process signals. In most cases, real-time signal conversion becomes more and more common. Today there is a huge amount of software using the capabilities of the technology of artificial neural networks.

Keywords: handwriting recognition, recurrent neural networks, Hopfield network, convolutional neural networks, machine learning

Примерно 90% информации человеческий мозг получает при помощи образов. Еще люди эпохи палеолита рисовали на стенах пещер различные образы, для сохранения и передачи информации. Со временем передача информации посредством живописи частично заменилась более универсальным способом, при помощи письменности.

Рукописный текст содержит алфавит букв, разделительные знаки. Фундаментальное свойство текста, которое делает возможным общение состоит в том, что отличия между разными символами более значительны, чем отличия между разными написаниями того же самого символа.

Человеческий почерк состоит из последовательных штрихов. Символы рукописного текста формируются последовательно, один символ завершается перед началом следующего. Но существуют и исключения – например, в русском языке точки над «ё» и черта над «й», как правило, задержи-

ваются, сначала пишется основная часть слова, а потом слово завершается написанием точек или же запятых.

У всех букв есть статические и динамические свойства. Статистические свойства заключаются в форме и размере символа, а динамические заключаются в порядке и количестве штрихов. В русском языке больше вариантов в присутствии или отсутствии повторных штрихов. Повторный штрих – это штрих в месте, где что-то уже написано, обычно он делается, чтобы избежать поднимания ручки.

Существует множество задач распознавания образов для рукописного текста. Они охватывают отличия языковых символов, формул, например таких, которые используются при редактировании. Проблемы распознавания символов языка включают в себя, например, большие алфавиты китайских иероглифов, японские хираганы и катаканы, арабские рукописные алфави-

ты и шрифты в западных языках. Но самой большой проблемой в распознавании рукописного текста являются трудности, которые вызывают у людей трудности прочитать даже собственный почерк.

Во-первых, это то, что большинство символов могут быть написаны по-разному. Например, на рис. 1 приведены разные возможные стили письма на китайском языке [1], которые современные системы могут без трудностей различать и распознавать. Также редко можно встретить двух людей с одинаковым почерком. Эта задача связана с различием шрифтов в классической задаче распознавания текста. Но в отличие от шрифтов, каждая буква в тексте одного человека может иметь свой собственный стиль в зависимости от контекста, в котором осуществляется написание окружающих букв.

Chinese Fonts

漢鼎繁古印 漢鼎繁顏體

漢鼎簡海報 漢鼎簡黑變

漢鼎繁舒體 漢鼎簡楷體

漢鼎簡巴魯 漢鼎簡隸變

漢鼎繁中變 漢鼎簡舒體

Рис. 1. Возможные стили письма на китайском языке

Для решения данной проблемы современные системы используют самообучающиеся модули, которые обучаются различным почеркам людей и применяют уже эти данные при принятии решения.

Во-вторых, несколько символов могут выглядеть одинаково, либо практически не отличаются в почерке или некоторые буквы могут быть написаны неаккуратно, и быть похожими при этом на совершенно другие буквы. Эта проблема обычно решается использованием словарей, в которых программа может найти сомнительное слово, и таким образом можно избежать неточностей.

Более универсальным подходом к решению задачи о распознавании рукописного текста является нейросетевой. Нейронные сети – это модели биологических нейронных сетей мозга, в которых нейроны имитируются относительно простыми, часто однотипными, элементами. Идея нейронных сетей родилась в рамках теории искусственного интеллекта, в результате попыток имитировать способность биологических нервных систем обучаться и исправлять ошибки. Нейронные сети применяются в различных областях науки: начиная от систем распознавания речи до распознавания вторичной структуры белка, классификации различных видов рака и геномной инженерии, автоматизации процессов распознавания образов, прогнозирования, адаптивного управления, создания экспертных систем, организации ассоциативной памяти, обработки аналоговых и цифровых сигналов, синтеза и идентификации электронных цепей и систем и т.д.

Самой популярной и широко исследуемой и применяемой нейронной сетью является сверточные нейронные сети – *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN используют серию фильтров с необработанными пиксельными данными изображения для извлечения и изучения функций более высокого уровня, модель которой затем может использоваться для классификации. CNN состоит из сверточных слоев, объединенных слоев и плотных (полностью связанных) слоев (рис. 2) [2].

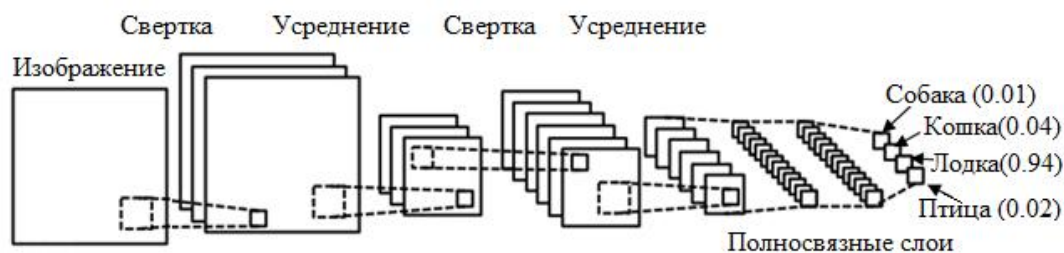


Рис. 2. Схематическое изображение сверточной нейронной сети

В нейросетевом подходе существует много разных других методов. Самыми популярными можно назвать рекуррентные нейронные сети [3], сеть Хопфилда [4] и многие другие.

Рекуррентные нейронные сети (*recurrent neural networks, RNN*) – это сети типа сетей прямого распространения, но с особенностью: нейроны получают информацию не только от предыдущего слоя, но и от самих себя предыдущего прохода. Это означает, что порядок, в котором вы подаёте данные и обучаете сеть, становится важным. Сети данного типа используются для автоматического дополнения информации.

ная сеть с симметричной матрицей связей (рис. 4). Во время получения входных данных каждый узел является входом, в процессе обучения он становится скрытым, а затем становится выходом. Сеть обучается так: значения нейронов устанавливаются в соответствии с желаемым шаблоном, после чего вычисляются веса, которые в дальнейшем не меняются. После того, как сеть обучилась на одном или нескольких шаблонах, она всегда будет сводиться к одному из них. Данную сеть иногда называют сетью с ассоциативной памятью; как человек, видя половину таблицы, может представить вторую половину таблицы, так и эта сеть, получая

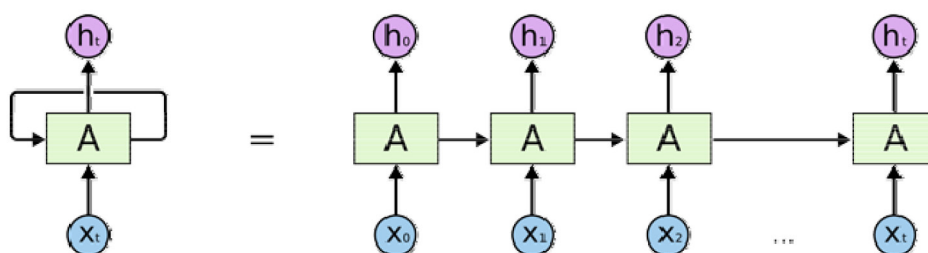


Рис. 3. Схематическое изображение рекуррентной нейронной сети

Нейронная сеть Хопфилда (*Hopfield network, HN*) – это полносвязная нейрон-

таблица, наполовину зашумленную, восстанавливает её до полной.

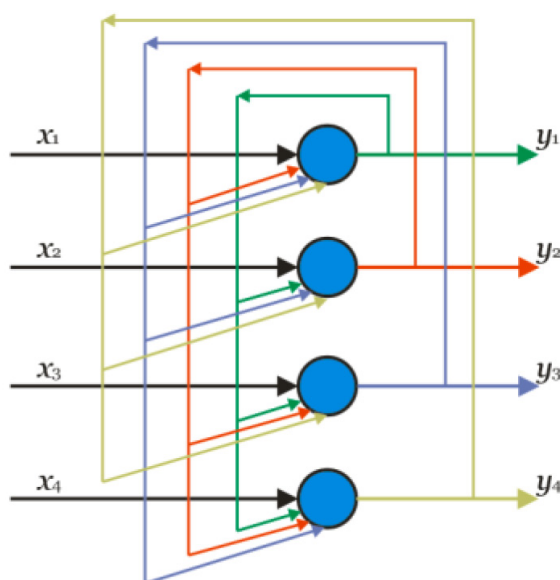


Рис. 4. Схематическое изображение нейронной сети Хопфилда

На сегодняшний день разработано много систем, которые демонстрируют возможности искусственных нейронных сетей: сети способные синтезировать человеческую речь, распознавать рукописные буквы, сжимать изображения. Большинство мощных сетей, которые ориентированы на распознавание символов и звуков берут за основу принцип обратного расширения, который является систематическим подходом для обучения многослойных сетей.

Каждый из разработанных алгоритмов обучения сетей имеет свои неоспоримые преимущества, но общим недостатком является ограничение в своих возможностях «обучаться» и «вспоминать».

Обучить нейронную сеть – означает, вычислить весовые коэффициенты связи нейронов одного слоя с нейронами другого слоя. Алгоритмы обучения подразделяются на обучение с учителем, без учителя и смешанное. Алгоритм обучения с учителем подразумевает использование эталонных значений в качестве выходных значений сети; при обучении без учителя выходными значениями являются реальные, вычисленные при подаче входного образа, значения. При смешанном подходе часть весовых коэффициентов определяется посредством обучения с учителем, в то время как остальная получается с помощью самообучения [5].

Обучение нейронных сетей, даже при использовании самых эффективных алгоритмов, представляет собой трудоемкий процесс, далеко не всегда дающий ожидаемые результаты. Проблемы возникают из-за нелинейных функций активации, образующих многочисленные локальные минимумы, к которым может сводиться процесс обучения.

На результаты обучения огромное влияние оказывает подбор начальных значений весов – инициализация нейронной сети. К сожалению, не существует универсального метода подбора весов, по этой причине в большинстве практических реализаций

чаще всего применяется случайный подбор весов с равномерным распределением значений в заданном интервале.

Для повышения качества работы нейронной сети используются более сложные алгоритмы инициализации, например, такие как алгоритм имитации отжига, генетические алгоритмы, эволюционный алгоритм и т.д.

Важной частью любой системы распознавания символов является подсистема сегментации. Различие написанных слов в изображении и выделение букв в словах является довольно трудоемкой задачей, которая требует немало внимания, чем, собственно, сам процесс распознавания. Еще более важной является система выделения признаков, которая должна найти уникальные свойства выделенных букв и отбросить не нужные буквы. Современная машина распознавания рукописного текста не может существовать без словаря и подсистемы распознавания контекста. Они позволяют машине использовать внешние данные для решения конфликтных ситуаций, например, определение отличия между малыми и большими буквами или понимание неясно написанных символов.

Список литературы

1. Srihari S.N., Yang X., Ball G.R. Offline Chinese Handwriting Recognition: A Survey. *Frontiers of Computer Science in China* // *Frontiers of Computer Science in China*. – 2007. – Vol. 1, Issue 2. – PP. 137–155.
2. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // *Advances in neural information processing systems*, 2012. – PP. 1097–1105.
3. Elman J.L. Finding Structure in Time // *Cognitive Science*, 2004. – PP. 179–211.
4. Hopfield J.J. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities // *PNAS*, 1982. – PP. 2554 – 2558.
5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning* (Adaptive Computation and Machine Learning series) // Cambridge: The MIT Press, 2016. – 800 p.

УДК 004.94

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Марков Д.М., Маркова И.В., Воронцов А.А.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,
e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com*

Статья посвящена обзору методов измерения статико-динамического давления. Подробно рассмотрен вопрос, связанный с разработкой датчика статико-динамического давления. Особое внимание в этой статье уделяется обзору датчиков давления. Также был проведен анализ состояния рынка производителей датчиков давления. Были рассмотрены основные способы формирования КНД-структур (то есть «кремний-на-диэлектрике») для использования их при изготовлении полупроводникового чувствительного элемента, далее ПЧЭ, датчиков давления. Особо затронули имплантационный метод, метод водородного переноса кремния с окислом, метод рекристаллизации поликремния на диэлектрике. Были проанализированы все преимущества и недостатки каждого из методов формирования КНД-структур. Было выяснено, что использование метода прямого сращивания без предварительной имплантации одной из пластин является наиболее удачной. (120) Были затронуты необходимые условия для данного метода. Для наглядности был произведен анализ существующих отечественных и зарубежных датчиков давления. Были подведены итоги анализа научно-технических источников информации.

Ключевые слова: датчик, давление, преобразователь, технология, погрешность.

REVIEW OF METHODS OF MEASUREMENT OF STATIC DYNAMIC PRESSURE

Markov D.M., Markova I.V., Vorontsov A.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Aleksander.Vorontsov@gmail.com

Article is devoted to the review of methods of measurement of statiko-dynamic pressure. The question connected with development of the sensor of statiko-dynamic pressure is in detail considered. Special attention in this article is paid to the review of sensors of pressure. Also the analysis of a condition of the market of producers of sensors of pressure was carried out. The main ways of formation of KND-structures (that is «silicon-on-dielectric») for their use at production of a semiconductor sensitive element, further PChE, pressure sensors were considered. Especially mentioned an implantation method, a method of hydrogen transfer of silicon with oxide, a method of recrystallization of polysilicon on dielectric. All advantages and shortcomings of each of methods of formation of KND-structures were analysed. It was found out that use of a method of direct merging without preliminary implantation of one of plates is the most successful. (120) Necessary conditions for this method were mentioned. The analysis of the existing domestic and foreign sensors of pressure was for descriptive reasons made. The results of the analysis of scientific and technical sources of information were summed up.

Keywords: sensor, pressure, converter, technology, error

При измерении давления находят применение следующие методы преобразования: тензометрический, пьезорезисторный, емкостной, резонаторный, индуктивный и ионизационный.

Проведенный анализ состояния рынка производителей датчиков давления показывает, что основным материалом, используемым для изготовления датчиков давления зарубежными фирмами, является кремний. Из кремния изготавливаются плоские и профилированные мембраны, балки и другие детали чувствительных элементов давления. Чаще всего применяется кремний ориентации (001) и гораздо реже ориентации (111) [1, 2].

В зарубежной промышленности применяются датчики нового поколения, основанные на полупроводниковой микроэлектронике, разработанные фирмами «Kulite» (США), «Honeywell» (США), «Auxitrol» (Франция). Базовым техническим решением, применяемым данными фирмами в обеспечение высоких метрологических харак-

теристик, является использование структур «кремний на диэлектрике» (КНД), когда полупроводниковый чувствительный элемент (ПЧЭ) с тензорезистивной мостовой измерительной схемой изготовлен на основе монокристаллических кремниевых тензорезисторов, изолированных от кремниевой мембраны пленкой двуокиси кремния. В настоящее время в нашей стране практически отсутствуют реальные разработки датчиков давления по отмеченному направлению. В тоже время применение в различных микроэлектронных приборах структур КНД обеспечивает работоспособность приборов в экстремальных условиях (повышенные и криогенные температуры, ионизирующее излучение и т.п.) и стабильность их параметров в процессе длительной эксплуатации [3–5].

В настоящее время существует множество способов формирования КНД-структур для использования их при изготовлении ПЧЭ датчиков давления; например, методы рекристаллизации, эпитаксиального на-

ращивания, анодного соединения. Но наиболее используемыми методами являются следующие:

1 имплантационный метод – Silicon-ImplantedbyOxygen – SIMOX, когда происходит внедрение в глубину кристалла ионов кислорода с последующим синтезом скрытого окисла при отжиге;

2 метод водородного переноса кремния с окислом – Smart-CutSOI, когда облуженная водородом окисленная пластина кремния соединяется с опорной подложкой. Далее происходит почти полное удаление окисленной пластины путем ее скола имплантированным водородом;

3 метод рекристаллизации поликремния на диэлектрике.

Общим недостатком КНД-структур, полученных методами 1 и 2 применительно к изготовлению на их основе ПЧЭ датчиков давления, является их высокая стоимость, обусловленная применением сложного технологического оборудования и длительностью обработки, что является фактором, ограничивающим использование данных методов при производстве ПЧЭ на КНД-структурах. Кроме того, ПЧЭ, выполненные на SIMOX-КНД-структурах, неработоспособны при температурах выше 150°C из-за несовершенства структуры имплантированного (по сравнению с термическим) слоя двуокиси кремния, теряющего при повышенных температурах свои изолирующие свойства.

К недостаткам метода 3 относятся большие затраты времени на обработку одной пластины и тепловые потери, диффузия загрязняющих примесей, а также низкая временная стабильность из-за наличия дислокаций.

Для ПЧЭ на КНД-структурах было предложено использование метода прямого сращивания без предварительной имплантации одной из пластин, когда происходит соединение двух пластин – опорной и приборной.

Данная технология, не требующая применения специального дорогостоящего оборудования и реализуемая на стандартном оборудовании предприятий, производящих изделия микроэлектронной промышленности, является наиболее приемлемой для создания ПЧЭ абсолютного давления на КНД-структурах и состоит из следующих операций:

- окисление кремниевых базовой и приборной пластин при температуре 1150°C до получения слоя окисла толщиной 0,2 мкм;

- фотолитография по формированию в слое окисла кремния знаков совмещения с обеих сторон приборной и базовой пластин;

- окисление кремниевых пластин при температуре 1150°C до получения слоя окисла толщиной 1,6 мкм;

- фотолитография по формированию окон в окисле кремния под тензорезисторы на приборной пластине;

- диффузия бора до получения необходимой величины R_s , удовлетворяющее условиям «стоп» – травления;

- «стоп» – травление приборной пластины на величину, соответствующую глубине тензорезисторов в растворе этилендиамина;

- «прямое сращивание» приборной и базовой пластин через слой диоксида кремния в диффузионной электропечи в течение 3 часов при температуре 1100°C;

- анизотропное травление кремния в растворе КОН при температуре 96°C на величину, равную разнице между толщиной пластины и двойной высотой тензорезисторов;

- выявление тензорезисторов в растворе этилендиамина;

- окисление кремниевых пластин при 950°C для формирования защиты монокремниевых тензорезисторов;

- осаждение слоя поликристаллического кремния в реакторе пониженного давления на планарную сторону пластин;

- фотолитография по формированию поликремниевого терморезистора;

- ионное легирование открытых участков поликремния;

- травление открытых участков поликремния;

- окисление кремниевых пластин при 950°C для формирования защиты поликремниевого терморезистора;

- фотолитография с непланарной стороны пластин по формированию профиля;

- анизотропное травление кремния в растворе КОН до получения не обходимой толщины профиля;

- фотолитография с планарной стороны по формированию окон в окисле кремния под алюминиевую металлизацию;

- алюминирование термовакуумное;

- фотолитография по формированию алюминиевой металлизации;

- травление алюминия;

- разделение пластины на кристаллы.

Одним из необходимых условий для прямого сращивания пластин является минимальное количество механических частиц и других посторонних включений на поверхностях сращивания двух пластин, что достигается выполнением целого ряда задач, одной из которых является уменьшение вероятности попадания посторонних включений на поверхность сращивания пластин.

На основании полученных предварительных результатов можно сделать вывод, что разработанное технологическое решение формирования ПЧЭ позволяет изготавливать датчики давления нового поколения с ожидаемыми параметрами, не уступающими параметрам приборов таких известных фирм как “Kulite” и “Endevco”.

В отечественной и зарубежной практике наибольшее распространение получили датчики давления, основанные на следующих принципах преобразования [1]:

- тензометрический;
- емкостный;
- индуктивный.

Датчики давления на основе тензометрического принципа преобразования являются наиболее распространенными и универсальными. Принцип действия тензорезисторных датчиков основан на преобразовании деформации упругого элемента (балка, мембрана) в изменение электрического сопротивления тензорезисторов с последующим преобразованием этого изменения в выходной сигнал (ток или напряжение). Общая тенденция современной тензометрии – иметь тензодатчик возможно меньших габаритов и веса, обеспечивающий повышенную точность и надежность. Особенностью датчиков, предназначенных для специфических условий, например, в космических и авиационных аппаратах, химических установках, является способность в течение заданного времени стабильно работать при высоких (или низких) температурах (от минус 250 до +350 °C).

В существующих тензорезисторных датчиках давления применяются следующие типы тензорезисторов:

- проволоочные;
- фольговые;
- полупроводниковые;
- тонкопленочные.

Основным недостатком известных проволоочных и фольговых тензорезисторных датчиков является наличие клеевой прослойки между резисторными элементами и подложкой, которая является одновременно изолятором и связующим. При температурах выше 200 °C наблюдается деструкция клея, резкое снижение адгезионной прочности, что сказывается на рабочих параметрах датчика.

Анализ показывает, что в настоящее время в ведущих зарубежных странах (США, Германия, Великобритания, Франция, Япония, Швейцария) и России основное внимание уделяется использованию кремния как конструктивного материала для упру-

гих чувствительных элементов датчиков. Отличные упругие свойства и, главное, их сохранение при длительной эксплуатации делает кремний незаменимым материалом.

Монокристаллическая структура кремния полностью исключает такие отрицательные свойства металла, как гистерезис, релаксация, внутрикристаллическая коррозия, ползучесть (в ограниченном температурном диапазоне). Эти положительные свойства кремния сочетаются с большими технологическими возможностями его формообразования, основанной на технологии анизотропного травления и фотолитографии. Это конструктивно-технологическое направление в настоящее время оформилось в новую область техники – микромеханику.

Прекрасные упругие свойства кремния в конструкциях датчиков должны сочетаться с соответствующим преобразователем деформаций (напряжений) в соответствующее изменение электрического параметра – сопротивления, емкости, индуктивности. В настоящее время наибольшее распространение имеют пьезорезистивные преобразователи на основе кремниевых тензорезисторов, объединенных в мостовую схему. Второе место по применяемости имеют емкостные преобразователи, однако, из-за конструктивных особенностей, связанных с формированием конденсаторов с микронными зазорами, они пока применяются гораздо реже. Применение тензорезистивных преобразователей тем не менее связано с рядом недостатков, приводящих к ухудшению их долговременной стабильности. Основная причина заключается в наличии изолирующего «р-п» перехода. Изменение его изолирующих характеристик при температуре выше 100°C приводит к изменению сопротивлений тензорезисторов, изменению начального разбаланса мостовой схемы и изменению чувствительности датчика.

Список литературы

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка и исследование методики моделирования датчиков обобщенной силы на основе тензорезисторного эффекта, ориентированной на применении ЭВМ», Йошкар-Ола, 1984.
2. Cho M., Javidi B. Three-dimensional visualization of objects in turbid water using integral imaging // J. Disp. Technol. 6, 544–547 (2010).
3. Levoy M., Zhang Z., McDowall I. Recording and controlling the 4D light field in a microscope using microlens arrays // J. Microsc. 235, 144–162 (2009).
4. Yeom S., Javidi B., Watson E. Photon counting passive 3D image sensing for automatic target recognition // Opt. Express 13, 9310–9330 (2005).
5. Daneshpanah M., Javidi B. Profilometry and optical slicing by passive three-dimensional imaging // Opt. Lett. 34, 1105–1107 (2009).

УДК 004.272.43

**СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ
МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ****Мартенс-Агюшев Д.С., Мартышкин А.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье приведена современная классификация многопроцессорных систем с привязкой к классификации по Флинну. Отмечено, что в классе MIMD имеется подкласс мультипроцессоров, который делится на три типа: UMA, NUMA, COMA. Различие данных типов состоит в механизме доступа к памяти (с общей и разделяемой памятью). Приводится подробное описание указанных типов мультипроцессоров с выделением их достоинств и недостатков, а также с указанием допустимой масштабируемости этих систем. Кроме того, в одной из серии процессоров фирмы AMD используется такая архитектурная организация, которая сочетает преимущества UMA и NUMA систем, что обеспечивает возможность реализации гибких и хорошо масштабируемых мультипроцессорных систем. В такой системе для каждого процессора предусмотрен контроллер памяти. Также разработана специализированная шина с высокой пропускной способностью HyperTransport (HT), которая организует обмен между процессором и памятью без значительных задержек. В результате компания AMD назвала эту архитектуру SUMA. Далее приводится описание контроллера памяти, являющегося, по сути, буфером между памятью и процессором. Этот блок должен обеспечивать равномерную загрузку общей шины, исключая возможности ее перегрузки и перекосов работы системы. В конце работы приводятся основные результаты.

Ключевые слова: мультипроцессор, архитектура памяти, пропускная способность, быстродействие, классификация

MODERN CLASSIFICATION OF MULTIPROCESSOR SYSTEMS**Martens-Atyshev D.S., Martyshkin A.I.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru*

The article presents a modern classification of multiprocessor systems with reference to Flynn classification. It is noted that the MIMD class has a subclass of multiprocessors, which is divided into three types: UMA, NUMA, COMA. The difference between these types is the mechanism of memory access (shared and shared memory). A detailed description of these types of multiprocessors with the allocation of their advantages and disadvantages, as well as indicating the allowable scalability of these systems. In addition, one of the AMD processor series uses an architectural organization that combines the advantages of UMA and NUMA systems, which provides the ability to implement flexible and highly scalable multiprocessor systems. Such a system provides a memory controller for each processor. A dedicated high-bandwidth HyperTransport (HT) bus has also been developed, which enables the exchange between the processor and memory without significant delays. As a result, AMD named this architecture SUMA. The following is a description of the memory controller, which is essentially a buffer between memory and the processor. This unit should ensure uniform loading of the common bus, eliminating the possibility of its overload and distortion of the system. At the end of the article, the authors give the main results.

Keywords: multiprocessor, memory architecture, bandwidth, performance, classification

Согласно классификации по Флину [1] мультипроцессорные системы (МПС) относятся к классу MIMD (Multiple Instruction-stream Multiple Datastream – несколько потоков команд с несколькими потоками данных). В классе MIMD имеется подкласс мультипроцессоров, который делится на три типа:

1. UMA (Uniform Memory Access) – однородный доступ к памяти, когда все процессоры имеют связь со всеми модулями памяти;

2. NUMA (NonUniform Memory Access) – неоднородный доступ к памяти, у каждого процессора имеется промежуточная память (например кэш);

3. COMA (Cache Only Memory Access) – доступ только к кэш-памяти, любой из имеющихся процессоров содержит в своем составе локальную кэш-память большой емкости.

Различие данных типов состоит в механизме доступа к памяти, машины с полностью доступной памятью (рис. 1) и машины с локальной памятью (рис. 2).

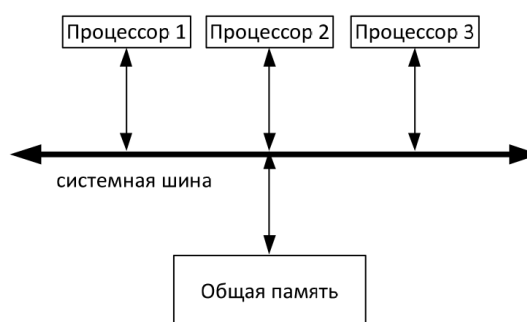


Рис. 1. МПС с общей памятью

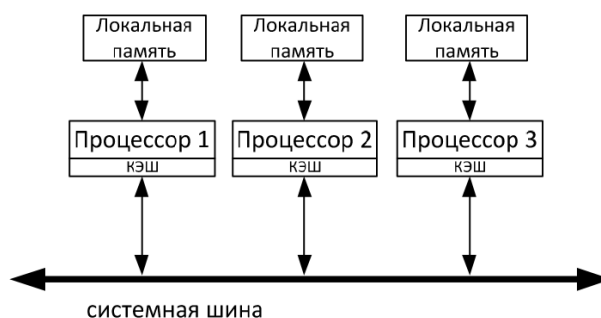


Рис. 2. МПТС с распределенной памятью

Подобное разбиение на подклассы весьма удобно, так как в крупных мультимикропроцессорных системах память часто делится на несколько модулей. Для UMA-машин, любой процессор имеет одинаковое время доступа к каждому модулю памяти. То есть, слово извлекается из памяти с той же скоростью, что и любое другое слово. Если подобный процесс невозможен, то быстрые операции замедляются, чтобы соответствовать самым медленным, что соответствует принципу – «однородный» доступ. Подобная однородность позволяет контролировать производительность, что немало важно для создания эффективных программ [2].

В NUMA-машинах, вышеописанная однородность отсутствует. Так как каждый процессор имеет модуль памяти, который размещен рядом, относительно других модулей, соответственно доступ к этому модулю памяти производится намного быстрее, чем к другим. Обращение к СОМА-машинам также является неоднородным.

UMA-мультимикропроцессоры. Наиболее популярный вид UMA-мультимикропроцессоров имеют одну общую шину [3, 4]. От двух и более микропроцессоров и от одного и нескольких модулей памяти используют эту шину для обмена данными. Этот процесс выполняется следующим образом. Процессору для считывания слова из памяти, необходимо проверить, что шина не занята. Если на шине не наблюдается обмен данными, процессор отправляет адрес необходимого слова на шину, устанавливает некоторые управляющие сигналы и ожидает реакцию памяти, которая выдает данные на шину по запрошенному адресу. В случае занятости шины, процессор находится в режиме ожидания до тех пор, пока шина не освободится. В данной схеме имеется существенный недостаток. Когда используется от двух до трех процессоров, контролировать доступ к шине не составляет труда, сложности

появляются, при количестве процессоров 32 или 64. Производительность системы в данном варианте в основном характеризуется пропускной способностью шины, и большинство процессоров вынуждены значительное время простаивать.

NUMA-мультимикропроцессоры. Число процессоров в UMA-мультимикропроцессорах с одинарной шиной как правило ограничивается от 16 до 32, а для того чтобы использовать в одной мультимикропроцессорной системе более 100 процессоров, необходимо использовать другое решение. В архитектуре UMA считается, что все модули памяти организуют доступ за одинаковое время. Если изменить подобную организацию доступа, то получаем концепцию мультимикропроцессоров с неоднородным доступом к памяти (NonUniform Memory Access, NUMA).

Как в архитектуре UMA, мультимикропроцессоры NUMA имеют общее адресное пространство для каждого процессора, но с той разницей, что доступ к локальным модулям памяти выполняется быстрее, чем к удаленным [3, 4]. Соответственно, все UMA-программы будут выполняться на NUMA-машинах, но с худшей производительностью, чем на UMA-машине с аналогичной тактовой частотой. В системах NUMA есть три основные характеристики, которые позволяют различать NUMA-мультимикропроцессоры от иных мультимикропроцессоров [2]: имеется общее адресное пространство, доступное для всех процессоров; обращение к удаленной памяти выполняется командами LOAD и STORE; обращение к удаленной памяти производится медленнее, чем обращение к локальной.

Время обращения к удаленной памяти, которое не замаскировано кэшированием (нет кэш), то подобная система имеет название NC-NUMA (No Caching NUMA – NUMA без кэширования). При наличии согласованных кэш, система будет иметь название CC-

NUMA (Coherent Cache NUMA – NUMA с согласованными кэшами). Разработчики вычислительных систем обычно называют подобную систему **аппаратной распределенной общей памятью**. Данный мультипроцессор включает в себя набор процессоров, где каждый имеет свою память, доступ к которой выполнялся по локальной шине. Также, процессоры соединены друг с другом системной шиной. При организации доступа к памяти, запрос направляется к диспетчеру памяти, который определяет, имеется ли необходимое слово в локальной памяти или нет. Если да, то запрос отправляется по локальной шине, если нет, запрос отправляется по системной шине в ту систему, в которой имеется вышеуказанное слово. Исходя из этого, для второго процесса запроса необходимо намного больше времени, чем для первого. Соответственно обработка программы, размещенной, в удаленной памяти, занимало в 10 раз больше времени, чем обработка той же программы, размещенной локально.

Так как в NC-NUMA-машине нет кэш-памяти, то непосредственно обеспечивается согласованность памяти. Если каждое слово памяти имеет возможность храниться только в одном месте, следовательно, отсутствует ситуация наличия копии с устаревшими данными.

CC-NUMA-мультипроцессоры. Один из часто используемых принципов к построению сложных мультипроцессоров, принадлежащих к системам CC-NUMA, применен в мультипроцессоре на основе каталога. Главный смысл заключается в хранении базы данных с информацией о том, где располагается каждая строка кэша и ее статус. При доступе к строке кэша в базу данных отправляется запрос о нахождении строки и является она «чистой» или «грязной» (модифицированной). Т.к. опрос базы данных необходимо выполнять при исполнении любой команды доступа к памяти, следо-

вательно, необходимо специализированное аппаратное обеспечение для поддержки базы данных, которое может обработать запрос за доли шинного цикла.

СОМА-мультипроцессоры. Исходя из того, что доступ к удаленной памяти обрабатывается намного медленнее, чем к локальной в NUMA- и CC-NUMA-машинах, необходимо иное архитектурное решение. Данным решением на сегодня является система, в которой основная память каждого процессора применяется в качестве кэш-памяти. Название этой системы СОМА (Cache Only Memory Access – **доступ только к кэш-памяти**). В СОМА-машине физическое адресное пространство разделяется на строки кэша, которые по запросу свободно передаются в системе. Для каждого блока памяти нет своей машин. Память, которая при необходимости привлекает строки, называется **притягивающей**. Применение основной памяти в качестве емкого кэша увеличивает процент кэш-попаданий, следовательно, и производительность. В СОМА-машине имеется два проблемных вопроса, каким образом располагаются строки кэша и что делать, когда удаляемая из памяти строка является конечной копией.

SUMA-мультипроцессоры. В одной из серии процессоров фирмы AMD применяется архитектурная организация, сочетающая преимущества UMA и NUMA систем, что дает возможность реализовывать гибкие и масштабируемые мультипроцессорные системы. В подобной системе (рисунок 3) для каждого процессорного узла встраивается контроллер памяти, также разработана специализированная шина с высокой пропускной способностью HyperTransport (HT), которая организует обмен между процессором и памятью без значительных задержек. В результате компания AMD назвала эту архитектуру SUMA (Slightly Uniform Memory Architecture – почти однородная память) [4, 5].

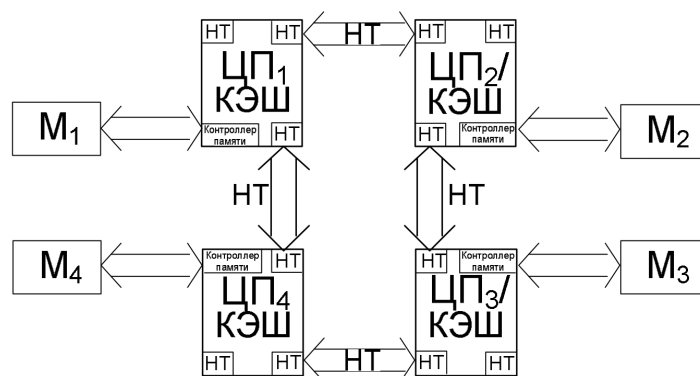


Рис. 3. Структура организации МПЦ типа SUMA

Главное достоинство архитектуры SUMA это последовательная межпроцессорная шина HyperTransport, для связи процессоров по типу точка-точка применяется одна часть соединений HT, другая часть необходима для связи с периферийными устройствами. Изначально AMD проектировала шину HyperTransport для архитектуры чипов типа AMD64, специализированных процессоров со встроенным контроллером памяти. Шина HyperTransport гарантирует пропускную способность сопоставимую с пропускной способностью оперативной памяти, а также наименьшие задержки при обмене данными по шине.

Контроллер памяти. Для предотвращения конфликтов на общей шине и организации эффективной работы подсистемы «процессор-память» применяют различные аппаратные решения, называемые контроллерами памяти или буферными устройствами. Во время непрерывного выполнения операции (транзакции) записи или чтения один из процессоров захватывает шину до тех пор, пока обработка транзакции не будет завершена. Следовательно, шина и процессоры переходят в режим ожидания, пока память не выполнит физические операции чтения или записи. Таким образом, циклы шины, которые могли быть обработаны другими ЦП, теряются. Чтобы повысить пропускную способность общей шины и минимизировать временные потери необходимо поддерживать для шины режимы расщепления транзакций чтения и буферизации транзакций записи. Операция физического чтения выполняется в памяти автономно под управлением контроллера памяти, по окончании операции физического чтения контроллер памяти сигнализирует запрашивающий процессор о готовности данных. В ответ процессор снова запрашивает общую шину и читает слово данных из контроллера памяти. Буферизация операций записи происходит следующим образом: процессор выставляет на общую шину адрес ячейки памяти и данные которые необходимо записать. Они записываются в регистрах контроллера памяти, после этого процессор отключается от шины, так как ответ от памяти в данном случае не нужен. Операция физической записи в память выполняется под управлением контроллера памяти.

Некоторыми из основных задач, при проектировании многопроцессорных вычислительных систем с общей шиной, являются разрешение конфликтных ситуаций во время доступа процессоров к памяти, уменьшение задержек на шине при выполнении операций обмена данными, а также масштабируемость системы. При построе-

нии МПС применяются различные методы доступа в подсистему «процессор-память». Анализ применяемых методов доступа к памяти обозначил ряд имеющихся проблем. Методы, использующие общую память, реализуются в виде архитектур типа UMA, а те системы, которые используют принцип разделения памяти, находят применения в архитектурах типа NUMA и ее модификаций. Первый метод позволяет процессорам за равный промежуток времени предоставить доступ к каждому модулю памяти. Таким образом, возможен контроль над производительностью системы, но если процессоров более трех, то возникает проблемы урегулирования доступа к общей шине. Второй метод, позволяет регулировать масштабируемость системы, но из-за неоднородности памяти, доступ к удаленной памяти намного медленнее, чем к локальной, что понижает производительность системы. Исходя из этого, могут возникать значительные задержки при обращении к памяти, простои или отказы в работе процессоров при предельных нагрузках и/или ограниченном времени ожидания. Однако, практическое решение проблем доступа в подсистему «процессор-память» является достаточно сложным и имеет неоднозначный ответ. В данной области необходимо учитывать, что в реальных системах, имеются ограничения на количество процессоров и систем коммутации в шине обмена процессора с памятью, связанную с дороговизной реализации. Задача разработки методов доступа в подсистему «процессор-память», особенно как для архитектур с общей памятью, так и с разделяемой памятью связанных со сбором, обработкой и передачей информации с многочисленных источников является чрезвычайно актуальной и важной.

Список литературы

1. Воеводин В.В., Капитанова А.П. Методы описания и классификации архитектур вычислительных систем. – М.: Изд-во Моск. университета, 1994. – 79 с.
2. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 816 с.
3. Мартышкин А.И. Разработка и исследование разомкнутых моделей подсистемы «процессор-память» многопроцессорных вычислительных систем архитектур UMA и NUMA // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2015. – № 54-1. – С. 121-126.
4. Martyshekin A.I. Development and Research of open-loop Models the subsystem «processor-memory» of Multiprocessor systems architectures UMA, NUMA and SUMA // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Т. 11. – № 23. – PP. 13526-13535.
5. Мартышкин А.И. Разработка и исследование математических моделей подсистемы «Процессор-память» многопроцессорных вычислительных систем архитектур NUMA и SUMA на разомкнутых сетях массового обслуживания // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2016. – № 55. – С. 55-63.

УДК 681.5.01:658.512.2.011.56

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В ШИРОКОМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ

Медведев С.Ю., Козинев Е.И., Курносое В.Е.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,
e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru*

Предложена дискретно-непрерывная модель, создан программный комплекс для исследования динамических характеристик узлов на печатных платах электронной аппаратуры и приборов. Математическая модель отличается дискретным представлением собственных форм и аналитическим представлением функции времени. Разработан способ описания конструкции и способ задания внешних механических воздействий. Приведены результаты решения задач вычисления собственных форм и частот колебаний методом итераций. Допускаются различные способы закрепления узла на печатной плате. Вычисляются функции прогиба, ускорения, механические напряжения. Для решения дифференциального уравнения используется метод конечных разностей. Получены конечно-разностные выражения для дифференциального оператора. Собственные формы имеют дискретное представление. Функция времени представлена в аналитической форме. Система уравнений формируется по исходным данным и по графическому представлению конструкции. Выполняется оценка сходимости решения при вычислении собственных форм и частот. Имеется возможность визуализации колебаний печатной платы при ударных и вибрационных воздействиях. На заключительном этапе выполняется развертка во времени функций, характеризующих реакцию печатного узла на заданные воздействия. Разработанная модель исследования динамики пластинчатых конструкций, позволяет учитывать установленное количество собственных форм и частот. Это дает возможность исследовать реакцию узлов на печатных платах в заданном частотном диапазоне.

Ключевые слова: формы колебаний, собственные частоты, обеспечение виброустойчивости, дискретно-непрерывное моделирование, пластинчатые конструкции, узлы на печатных платах

THE PROGRAMMING COMPLEX FOR RESEARCHING PLATE CONSTRUCTIONS OF THE ELECTRONIC EQUIPMENT DYNAMICS IN THE WIDE FREQUENCY RANGE BASED ON DISCRETE AND CONTINUOUS MODEL

Medvedev S.U., Kozinov E.I., Kurmosov V.E.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru

The is discrete-continuous model is offered, the program complex for research of dynamic characteristics of knots on printed-circuit boards of electronic equipment and devices is created. The mathematical model differs discrete representation of own forms and analytical representation of function of a time. The mode of exposition of a design and mode of the representation of exterior mechanical actions is developed. Results of a problem solving of scaling of own forms and frequencies of oscillations are resulted by a method of iterations. Various ways of attaching of knot on the printed-circuit board are admitted. Functions of a deflection, acceleration, mechanical strains are calculated. For a differential equation solution the method of finite differences is used. Finite difference expressions for a differential operator are received. Own forms have the discrete idea. Time function is presented in the analytical form. The set of equations is formed on input datas and on graphic representation of a design. The estimation of convergence of a solution is fulfilled at an evaluation of characteristic forms and frequencies. There is a possibility of visualisation of oscillations of the printed-circuit board at shock and vibrational actions. At the final stage development in time of the functions characterising a response of a printing knot on set actions is fulfilled. The developed model of research of dynamics of lamellar designs, allows to consider the installed quantity of own forms and frequencies. It gives the chance to investigate a response of knots on printed-circuit boards in the set frequency range.

Keywords: forms of fluctuations, own frequencies, ensuring vibro stability, discrete and continuous modeling, plate constructions, junctions in printed-circuit boards

Совершенствование математических моделей, расширение возможностей математического моделирования позволяет принимать обоснованные решения на этапе проектирования. К наиболее сложной проблеме проектирования относится проблема обеспечения надежности конструкций при механических воздействиях. Для обеспечения возможности исследования динамики узлов на печатных платах на основе моделирования необходимо решение следующих задач:

– построение математической модели, позволяющей получить адекватное решение;

– разработка способа описания конструкции и задания внешних воздействий для обеспечения возможности исследования реакции конструкции на заданные воздействия по результатам моделирования, их использование для обоснования проектных решений;

– интерпретация и обработка результатов решений, представленных результатами

исследования колебаний. Процесс характеризуется значениями функций координат и времени: прогиба, ускорения, механических напряжений и других.

Предлагается дискретно-непрерывная математическая модель, позволяющая исследовать колебания узла на печатной плате в широком частотном диапазоне.

Печатный узел рассматривается как изотропная пластина постоянной толщины с неоднородным распределением плотности материала, что позволяет учесть массу установленных элементов, существенно влияющих на резонансные частоты, амплитуду колебаний и механические напряжения в элементах конструкции.

Прогиб W срединной поверхности пластины при статической распределенной нагрузке q дает решение уравнения [1]:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}, \quad (1)$$

где $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость пластины; E – модуль Юнга; δ – толщина пластины; ν – коэффициент Пуассона.

Функция перемещения креплений пластины $W_0(t)$ задана. Тогда выражение для инерционных сил

$$q = -\rho\delta \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}. \quad (2)$$

Плотность материала есть функция координат $\rho(x, y)$, что позволяет учесть массу навесных элементов. С учетом потерь энергии на внутреннее трение уравнение (1) принимает вид:

$$L(W) + \beta \frac{\partial(L(W))}{\partial t} = -\frac{\delta}{D} \rho \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}. \quad (3)$$

Здесь $L(W) = \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}$ – дифференциальный оператор; β – коэффициент вязкости материала платы.

На основе выражения (3) рассмотрим построение модели печатного узла [2, 3]. С учетом прогиба $\tilde{W} = W - W_0$ относительно закрепленных областей платы получим:

$$L(\tilde{W}) + \beta \frac{\partial(L(\tilde{W}))}{\partial t} = -\rho \frac{\delta}{D} \left(\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial t^2} + \ddot{W}_0 \right) \quad (4)$$

Для получения решения уравнение (4) необходимо дополнить начальными и граничными условиями. Граничные условия

зависят от способа закрепления печатного узла:

– для жестко заземленных областей пластины:

$$W = W_0(t); \quad \frac{\partial W}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial y} = 0. \quad (5)$$

– для шарнирного крепления:

$$W = W_0(t); \quad \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0. \quad (6)$$

– для незакрепленных областей, по внешнему контуру пластины:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} &= 0; \\ \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 W}{\partial x \partial y^2} &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Начальные условия зададим в виде:

$$\tilde{W} = 0, \quad \dot{\tilde{W}} = \text{const} \quad \text{при} \quad t = 0. \quad (8)$$

Для дискретно-непрерывной модели выражение для прогиба W имеет вид:

$$\tilde{W} = \sum_{i=1}^{\infty} W^{(i)}(x, y) \cdot a^{(i)}(t). \quad (9)$$

Здесь $W^{(i)}(x, y)$ – собственные формы колебаний:

$$\int_0^{L_x} \int_0^{L_y} W^{(n)} \cdot W^{(m)} dx dy = 0 \quad \text{при} \quad n \neq m. \quad (10)$$

После подстановки выражения для прогиба (9) в уравнение (4), с учетом ортогональности собственных форм колебаний, получим:

$$\begin{aligned} (a^{(k)} + \beta \dot{a}^{(k)}) \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} L(W^{(k)}) W^{(k)} dx dy = \\ = -\frac{\delta}{D} \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho \left((W^{(k)})^2 \ddot{a}^{(k)} + \dot{W}^{(k)} \right) dx dy. \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь L_x, L_y – размеры узла на печатной плате. В случае, когда собственная форма $W^{(k)}(x, y)$ определена, воздействие $W_0(t)$ задано, функцию времени $a^{(k)}(t)$ дает решение дифференциального уравнения второго порядка (11), которое целесообразно для наглядности записать в виде

$$\ddot{a}^{(k)} + \beta(\omega_0^{(k)})^2 \dot{a}^{(k)} + (\omega_0^{(k)})^2 a^{(k)} = A^{(k)} \ddot{W}_0. \quad (12)$$

Здесь:

– собственная частота

$$(\omega_0^{(k)})^2 = \frac{D}{\delta} \cdot \frac{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} L(W^{(k)}) W^{(k)} dx dy}{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} \rho \cdot (W^{(k)})^2 dx dy}; \quad (13)$$

– масштабный коэффициент

$$A^{(k)} = \frac{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} \rho W^{(k)} dx dy}{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} \rho \cdot (W^{(k)})^2 dx dy} \quad (14)$$

Для получения однозначного решения уравнения (12) необходимы начальные условия, которые в соответствии с выражениями (8) принимают вид (15)

$$\mathbf{a}^{(k)}(0) = 0;$$

$$\dot{\mathbf{a}}^{(k)}(0) = \dot{\tilde{W}}(0) \frac{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} W^{(k)} dx dy}{\int_0^{L_X} \int_0^{L_Y} (W^{(k)})^2 dx dy}; \quad (15)$$

Нахождение функций времени $\mathbf{a}^{(k)}(t)$ позволяет, используя выражение для прогиба $\tilde{W}(x, y, t)$, получить решение в виде пространственно-временного процесса колебаний при выбранном временном масштабе.

Для заданного воздействия $\ddot{W}_0(t)$ на области крепления узла на печатной плате можно аппроксимировать функцию $\ddot{W}_0(t)$ значениями отсчетов через интервалы времени Δt_i [4, 5]. При аппроксимации функции с требуемой точностью ε уравнение (12) для интервала $\Delta t_i = t_2 - t_1$ будет иметь вид:

$$\ddot{\mathbf{a}}^{(k)} + \beta(\omega_0^{(k)})^2 \dot{\mathbf{a}}^{(k)} + (\omega_0^{(k)})^2 \mathbf{a}^{(k)} = A^{(k)} \xi^{(i)} \quad (16)$$

Здесь

$$\xi^{(i)} = \ddot{W}_0(t_1) + \varepsilon = \ddot{W}_0(t_2) - \varepsilon.$$

В общем виде для каждого интервала Δt_i решение уравнения (16) может иметь вид

$$\mathbf{a}(t) = C_0 + C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \quad \text{при} \quad \frac{\beta \omega}{2} > 1; \quad (17)$$

$$\mathbf{a}(t) = C_0 + C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} \cdot t \quad \text{при} \quad \frac{\beta \omega}{2} = 1; \quad (18)$$

$$\mathbf{a}(t) = C_0 + e^{p_1 t} (C_1 \cos p_2 t + C_2 \sin p_2 t) \quad \text{при} \quad \frac{\beta \omega}{2} < 1. \quad (19)$$

$$\text{Здесь } C_0 = \frac{A \xi^{(i)}}{\omega^2}.$$

Для процесса затухающих колебаний при $\beta \omega / 2 < 1$:

$$\begin{cases} p_1 = -\beta \frac{\omega^2}{2}; & p_2 = \omega \sqrt{1 - \left(\frac{\beta \omega}{2}\right)^2}; \\ C_1 = \mathbf{a}(0) - C_0; & C_2 = \frac{\dot{\mathbf{a}}(0) - p_1 (\mathbf{a}(0) - C_0)}{p_2}; \end{cases} \quad (20)$$

При переходе к следующему интервалу необходимо изменение начальных условий и формирование нового временного интервала для решения задачи определения функции прогиба

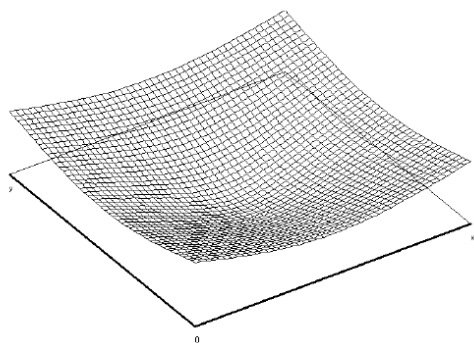
$\tilde{W}(x, y, t)$. Уравнения (17) (18) (19) соответствуют затухающему процессу колебаний.

Решение задачи осуществляется на основе метода конечных разностей. Алгоритм моделирования колебаний сводится к формированию конечно-разностного аналога уравнения (4), решению с учетом граничных условий, обусловленных способом закрепления, видом функции плотности $\rho(x, y)$ в соответствии с массой навесных элементов и массой материала платы печатного узла.

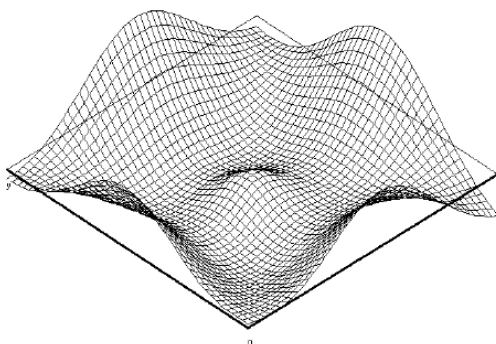
Задается начальное приближение собственной формы колебаний $W^{(k)}$, например, $W^{(k)} = 0$ для закрепленных областей и $W^{(k)} = 1$ в свободной от закрепления области. Вычисляется частотный параметр $\lambda^{(k)}$:

$$\lambda^{(k)} = \frac{D \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} L(W^{(k)}) W^{(k)} dx dy}{\delta \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \rho (W^{(k)})^2 dx dy} \approx \frac{D \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} k_x k_y L(W_{xy}^{(k)}) W_{xy}^{(k)}}{\delta \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} k_x k_y \rho_{xy} (W_{xy}^{(k)})^2} dx dy. \quad (21)$$

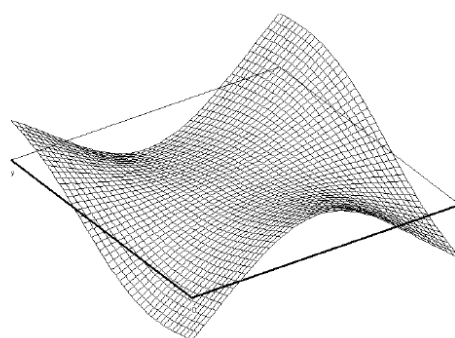
a



б



б



г

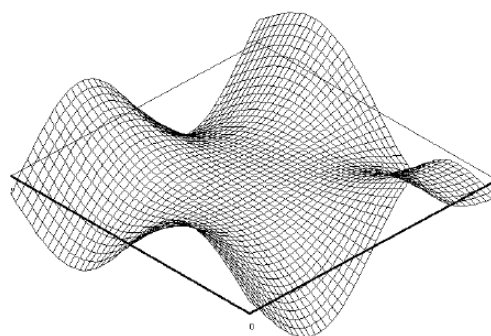


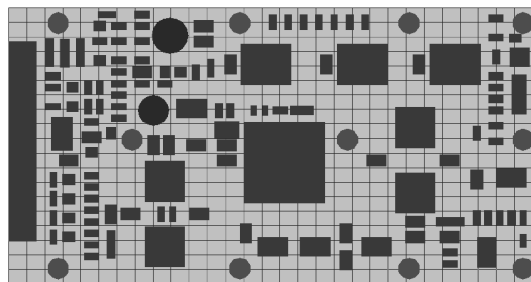
Рис. 1. Собственные формы колебаний закрепленной в центре прямоугольной пластины: первая (а), шестая (б), десятая (в), тринадцатая (г)

Здесь k_x, k_y – интегральные коэффициенты; N_x, N_y – количество узлов сеточной модели по направлениям осей координат.

Уточняются значения дискретного представления собственной формы $W^{(k)}(x, y)$, в соответствии со свободными узлами сеточной модели и значение частотного параметра $\lambda^{(k)}$. На заключительном этапе выполняется развертка во времени функций, характеризующих реакцию печатного узла на заданные воздействия.

Результаты определения собственных форм и частоты для пластины прямоугольной формы закрепленной в центре с однородным распределением массы показаны на рис. 1 [6]. Форма колебаний соответствует прогибу на 1-й, 6-й, 10-й и 13-й собственных частотах.

а



б

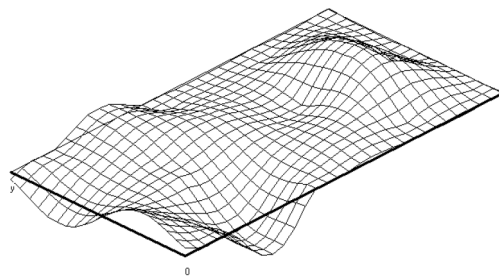


Рис. 2. а – графическое представление модели узла на печатной плате в программном комплексе моделирования динамики пластинчатых конструкций; б – прогиб узла на печатной плате при ударном воздействии

На рис. 2 показана модель узла на печатной плате и график прогиба при ударном воздействии. Узел имеет одиннадцать точек крепления. Показан прогиб платы с учетом первых семи форм колебаний в диапазоне частот от 100 до 2000 Гц.

При моделировании динамики узлов на печатных платах электронной аппаратуры необходимо исследовать колебания в широком частотном диапазоне. Это позволит выявить в конструкции локальные области механических напряжений и наиболее интенсивных виброперегрузок при эксплуатационных воздействиях.

Обоснованные конструктивные решения по повышению устойчивости изделий к механическим воздействиям могут быть приняты по результатам оценки динамических характеристик на этапе проектирования узлов электронной аппаратуры и приборов.

Список литературы

1. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. Статика. – М.: Машиностроение, 1977. – 488 с.
2. Курносов В.Е. Информационное обеспечение проектирования узлов на печатных платах на основе дискретно-непрерывного моделирования / Т.В. Андреева // Обработка информации: методы и системы: Сборник научных статей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – С. 130 – 137.
3. Курносов В.Е. Программный комплекс исследования динамики пластинчатых конструкций электронной аппаратуры в широком частотном диапазоне на основе дискретно-непрерывной модели / Т.В. Андреева, В.Е. Курносов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 2013. – № 10(14). – С 215 – 221.
4. Говоренко Г.С. Теоретические аспекты построения информационной технологии моделирования вибраций конструкций РЭА для оценки ее надежности/ Г.С. Говоренко, В.Е. Курносов, В.А. Ушаков, К.Ю. Парфенов // Надежность и качество 2002: Сб. докладов международного симпозиума. – Пенза: Изд-во Пенз гос ун-та, 2002. – С. 47-52.
5. Говоренко Г.С. Система моделирования динамики конструкций электронной аппаратуры / Г.С. Говоренко, В.Е. Курносов, В.А. Ушаков, К.Ю. Парфенов // Надежность и качество 2002: Сб. докладов международного симпозиума. – Пенза: Изд-во Пенз гос ун-та, 2002. – С. 53-58.
6. Курносов В.Е. Логико-математические модели в задачах проектирования электронной аппаратуры и приборов: Монография / В.Е. Курносов, В.И. Волчихин, В.Г. Покровский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 2016. – 148 с.

УДК 004.65:004.652

ОСОБЕННОСТИ ХРАНЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЛЯЦИОННЫХ СУБД

Одинокоев Д.А., Артюшина Е.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

В настоящий момент большое количество существующих программных приложений в процессе своего функционирования используют базы данных для организованного хранения информации, а также её чтения, записи или обработки. Одна из популярных задач в управлении данными - это операции с большими двоичными массивами (BLOB), которые обычно представляют собой растровые изображения, аудио или другие мультимедийные объекты. Поддержка СУБД для BLOB-объектов не всегда является универсальной. Цель научно-исследовательской работы студента - освоение технологий хранения изображений в реляционных системах управления базами данных. Список задач, решаемых в ходе исследования, включает в себя: изучение особенностей хранения изображений в традиционных OLTP-системах с различными архитектурами; выбор инструментов для разработки баз данных; проектирование логической модели данных в выбранном формате, а также создание тестового программного приложения для хранения изображений в интегрированной среде MS Visual Studio 2017 на объектно-ориентированном языке C#. Традиционные реляционные модели сегодня активно изменяются, чтобы соответствовать современному состоянию рынка программного обеспечения. В данной статье рассматривается подходящий инструментарий СУБД и критерии для выбора оптимального решения, наилучшим образом удовлетворяющего конкретным нуждам заказчика.

Ключевые слова: архитектуры для обработки транзакций, хранение изображений, реляционные СУБД

FEATURES OF IMAGE STORAGE IN RELATIONAL DBMS

Odinokov D.A., Artyushina E.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

At the moment, a large number of existing software applications in the course of their operation use databases for organized storage of information, as well as its reading, recording or processing. One of the most popular tasks in the management of data - operations with binary large objects (BLOB), which are usually bitmaps, audio or other multimedia object. Database support for blobs is not always universal. The purpose of the research work of the student is the development of image storage technologies in relational DBMS. The tasks solved in the course of the study include: the study of the features of image storage in traditional OLTP-systems with different architectures; the choice of tools for database development; the design of a logical data model in the selected format; the creation of a test application for storing images in the integrated environment MS Visual Studio 2017 (C#). Established relational models are changing to keep pace. In this article are considered practical tools for navigating this shifting product landscape and finding candidate systems that best fit a data managers applications needs.

Keywords: architecture for transaction processing, image storage, relational database management system

Целью научно-исследовательской работы является освоение технологий хранения изображений в реляционных СУБД. К задачам, решенным в ходе исследования, относятся: 1) изучение особенностей хранения изображений в традиционных СУБД с различной архитектурой; 2) выбор инструментальных средств для разработки базы данных; 3) проектирование логической модели данных в выбранном формате [1]; 4) создание тестового приложения для хранения изображений в IDE MS Visual Studio 2017 (язык C#).

Логическая структура БД туристического агентства представлена на рис. 1.

Реляционные СУБД разнообразной архитектуры предусматривают множество вариантов хранения графической информации. Так, например, в таблицах файл-серверной СУБД Microsoft Access нетекстовая информация (фото, графики и диаграммы, формулы, рисунки и пр.) содержится в полях-контейнерах OLE.

Поле объекта OLE (Object Linking and Embedding) является средством, позволяющим установить связь с объектами другого приложения или внедрить нетекстовый объект в базу данных. В соответствии с этой технологией внедренным или связанным OLE-объектом является документ или его фрагмент, созданный с помощью другого приложения, поддерживающий формат документа-источника, а также информацию об OLE-сервере. Внедренный OLE-объект может сохраняться непосредственно в файле базы данных. Для обработки подобных полей в SQL-клиенте, который спроектирован, например, с помощью IDE Embarcadero Delphi, можно использовать компонент OleContainer. Он принимает объект OLE, который загружается из графического файла стандартным методом CreateObjectFromFile. Используя этот контейнер, можно отобразить в клиентском приложении любую фотографию, которая хранится в базе данных в поле OLE.

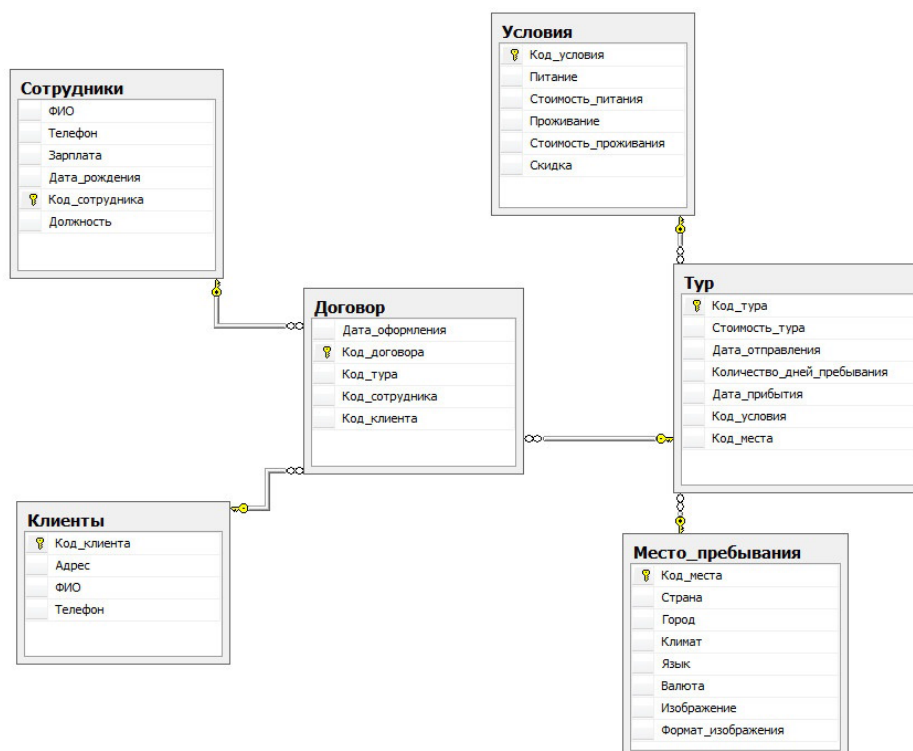


Рис. 1. Диаграмма БД «Туристическое агентство»

Популярная ныне СУБД SQLite со встраиваемой архитектурой не рассчитана на коллективное использование в сети и может поставаться как составная часть IDE, например, Android Studio. Наиболее часто СУБД

SQLite используется в мобильных приложениях для локального хранения данных клиента, в том числе – изображений различных форматов. Для этого служат поля специфического типа BLOB (Binary Large Object).

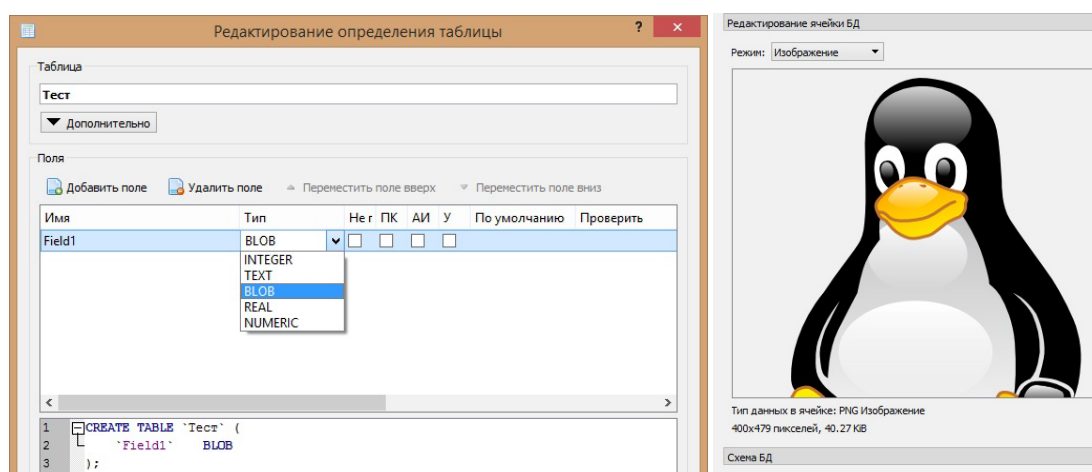


Рис. 2. Конструктор таблицы Test в администраторе DB Browser for SQLite

Как видно из рис. 2, среда администрирования DB browser for SQLite имеет универсальные встроенные средства для просмотра двоичных объектов BLOB. Однако при проектировании любого, даже элементарного Android-приложения для работы с БД программисту придется самостоятельно обеспечивать доступ к изображениям, хранящимся в локальной базе. Это возможно сделать с помощью метода `exesSQL`, который поддерживает выполнение обычных SQL-запросов на манипулирование данными, либо используя стандартные библиотеки, к примеру – метод `getBlob` класса `Cursor`.

В клиент-серверной реляционной СУБД Microsoft SQL Server также имеются различные возможности для сохранения изображений. Можно хранить фотографии непосредственно в базе, используя для этого подходящий системный тип (например, `image`). Или же можно хранить в БД лишь ссылки на изображения (`filestream`), которые, в свою очередь, будут располагаться в заданных каталогах файловой системы компьютера-сервера.

В настоящем исследовании было принято решение выбрать для разработки первый вариант, так как использовать тип `filestream` рекомендуется при среднем объеме файлов свыше 1 Мб, а в нашем случае изображения приемлемого качества имеют средний объем ≈ 100 Кб [2]. Изображения будут храниться в бинарном коде в ячейках таблицы с типом `image`. Для апробации предлагаемого способа обработки изображений в СУБД MS SQL Server 2008 R2 Express Edition была создана тестовая таблица `report` [3, 4].

Конструктор таблицы представлен ниже на рис. 3.

Чтобы обеспечить загрузку в базу данных изображений, например, с локального диска компьютера и, наоборот, получить это изображение из базы, использована интегрированная среда разработки программ Microsoft Visual Studio 2017. Для этого на объектно-ориентированном языке C# [5] было реализовано два метода, для загрузки и получения изображений из БД, соответственно.

Так, в методе `PutImageBinaryInDb`, который используется для записи изображения в БД, содержатся операторы для преобразова-

Column Name	Data Type	Allow Nulls
id	bigint	☐
screen	image	☒
screen_format	varchar(5)	☒

Рис. 3. Конструктор тестовой таблицы `report`

```
private static void PutImageBinaryInDb(string iFile)
{
    byte[] imageData = null;
    FileInfo fInfo = new FileInfo(iFile);
    long numBytes = fInfo.Length;
    FileStream fStream = new FileStream(iFile, FileMode.Open, FileAccess.Read);
    BinaryReader br = new BinaryReader(fStream);
    imageData = br.ReadBytes((int)numBytes);
    string iImageExtension = (Path.GetExtension(iFile)).Replace(".", "").ToLower();
}
```

Рис. 4. Конвертация файла изображения в бинарный код

ния исходного изображения в бинарный код и получения расширения файла. Расширение необходимо, чтобы в дальнейшем можно было бы работать с изображениями разных форматов. Код метода представлен ниже на рис. 4.

Далее в этом же методе связываемся с локальной базой данных и записываем изображение в текущую строку таблицы report, соответствующий фрагмент кода представлен далее на рис. 5.

Помещаем вызов метода PutImageBinaryInDb в тело главного метода Main, запускаем тестовое приложение на C# и в результате его выполнения получаем новую запись в таблице report, представленную на рис. 6.

Для обратного процесса получения изображения из базы данных будем использовать метод GetImageBinaryFromDb (рис. 7).

```
using (SqlConnection sqlConnection = new SqlConnection("user id=Дмитрий-ПК\\Дмитрий;" +
    "server=ДМИТРИЙ-ПК\\SQLEXPRESS;" +
    "Trusted_Connection=yes;" +
    "database=Туристическое агентство1;" +
    "connection timeout=15")) // строка подключения к БД
{
    string commandText = "INSERT INTO report (screen, screen_format) VALUES(@screen, @screen_format)";
    SqlCommand command = new SqlCommand(commandText, sqlConnection);
    command.Parameters.AddWithValue("@screen", (object)imageData); // записываем само изображение
    command.Parameters.AddWithValue("@screen_format", iImageExtension); // записываем расширение изобра.
    sqlConnection.Open();
    command.ExecuteNonQuery();
    sqlConnection.Close();
}
```

Рис. 5. Загрузка изображения в БД MS SQL Server

ДМИТРИЙ-ПК\SQL...o1 - dbo.report			
	id	screen	screen_format
	1	<Binary data>	jpg
►*	NULL	NULL	NULL

Рис. 6. Результат загрузки бинарного кода изображения в таблицу report

```
private static void GetImageBinaryFromDb()
{
    List<byte[]> iScreen = new List<byte[]>();
    List<string> iScreen_format = new List<string>();
    using (SqlConnection sqlConnection = new SqlConnection("user id=Дмитрий-ПК\\Дмитрий;" +
        "server=ДМИТРИЙ-ПК\\SQLEXPRESS;" +
        "Trusted_Connection=yes;" +
        "database=Туристическое агентство1;" +
        "connection timeout=15"))
    {
        sqlConnection.Open();
        SqlCommand sqlCommand = new SqlCommand();
        sqlCommand.Connection = sqlConnection;
        sqlCommand.CommandText = @"SELECT [screen], [screen_format] FROM [report] WHERE [id] = 1";
        SqlDataReader sqlReader = sqlCommand.ExecuteReader();
        byte[] iTrimByte = null;
        string iTrimText = null;
        while (sqlReader.Read())
        {
            iTrimByte = (byte[])sqlReader["screen"]; // читаем строки с изображениями
            iScreen.Add(iTrimByte);
            iTrimText = sqlReader["screen_format"].ToString().TrimStart().TrimEnd(); // читаем строки
            iScreen_format.Add(iTrimText);
        }
        sqlConnection.Close();
    }
}
```

Рис. 7. Получение из БД строки с изображением и его форматом

В приведенном выше фрагменте кода подключаемся к базе данных и создаем запрос на выборку SELECT, возвращающий из таблицы report запись со значением уникального поля id = 1. Полученный из БД двоичный код помещаем в целочисленный массив для последующей обработки.

Далее конвертируем бинарный код обратно в изображение и сохраняем файл на диск, программный код приведен на рис. 8.

ется в заданном каталоге images на локальном диске D:\ в файле result_new.jpg, как это показано ниже на рис. 9.

Таким образом, на основе вышеизложенного материала можно сделать вывод, что для хранения графической информации в данной работе вполне может быть использован тип image, входящий в набор системных типов реляционной клиент-серверной СУБД Microsoft SQL Server

```
// конвертируем бинарные данные в изображение
byte[] imageData = iScreen[0];
MemoryStream ms = new MemoryStream(imageData);
Image newImage = Image.FromStream(ms);
// сохраняем изображение на диск
string iImageExtension = iScreen_format[0]; // получаем расширение текущего изображения хранящееся в БД
string iImageName = "D:\\images\\result_new" + "." + iImageExtension; // задаём путь сохранения и имя нового изображения
if (iImageExtension == "png") { newImage.Save(iImageName, System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Png); }
else if (iImageExtension == "jpg" || iImageExtension == "jpeg") { newImage.Save(iImageName, System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Jpeg); }
else if (iImageExtension == "gif") { newImage.Save(iImageName, System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Gif); }
```

Рис. 8. Конвертация и сохранение изображения на диск

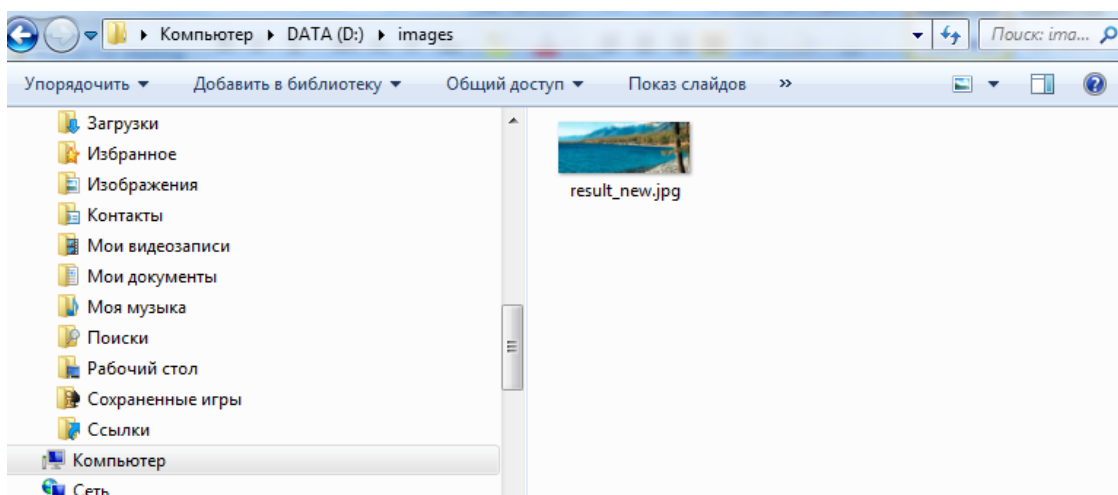


Рис. 9. Файл с изображением, полученным из БД

При вызове метода GetImageBinaryFromDb из точки входа Main тестовой программы, изображение успешно сохраня-

ется в заданном каталоге images на локальном диске D:\ в файле result_new.jpg, как это показано ниже на рис. 9.

Список литературы

1. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 6-е изд. – К.; М., СПб.: «Вильямс», 2015. – 848 с.
2. Оти М. Типы данных для больших объектов в SQL Server. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.osp.ru/winitpro/2011/01/13008224> (дата обращения: 05.02.2019).
3. Артюшина Е.А. Использование облачных технологий при изучении СУБД MS SQL Server/ Е.И. Маркин, К.М. Рябова, Е.А. Артюшина // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов:

Сборник статей XIV Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: ПДЗ, 2016. – С. 89–94.

4. Артюшина Е.А. Проблемы использования облачных технологий при изучении MS SQL Server / С.А. Жулев, А.Е. Ведюшкина, Е.А. Артюшина // Международный студенческий научный вестник: Электронный научный журнал. – 2015. – №3(2) – С. 271.

5. Гринштейн С. История языков программирования: C# – впереди планеты всей. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/313694/> (дата обращения: 05.02.2019).

УДК 004.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ТРАССИРОВКИ ПУТЕЙ

Перевалов С.С., Данилов Е.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

В данной статье был проведен анализ такой техники рендеринга, как трассировки путей. Отмечается важная роль компьютерной графики в современном программном обеспечении. Выделены семейства физических моделей для техники трассировки путей: рассеяния, отражения, пропускания. Подробно рассмотрены особенности основных моделей в каждом семействе. Отмечено что применение сферических координат требует больших вычислительных затрат из-за дополнительного преобразования в связи с чем их применение сведено к минимуму. Все расчеты выполняются с использованием спектральной плотности излучения для материалов объекта и источников света, что позволяет лучше декодировать цвета. Разработано тестовое программное обеспечение, реализующие трассировку путей, на языке программирования C++. Программное обеспечение реализует несколько физических моделей BRDF и моделей затенения. Приводится архитектура разработанного программного обеспечения. Обосновывается модульное построение программного обеспечения. Основной класс SCLT содержит цикл общего алгоритма трассировки лучей. Экземпляры класса Tracer моделируют пути. Класс BRDF реализует основанные физически модели. Для моделей затенения есть базовый класс ShadingModel. Подробно описаны используемые классы их назначение и реализуемые методы с использованием языка UML.

Ключевые слова: трассировка путей, рендеринг, двулучевая функция отражательной способности, спектральная плотность излучения, физически-корректный рендеринг, ДФОС, PBR, SPD, язык C++

RESEARCH THE TECHNIQUE PATHS TRACING

Perevalov S.S., Danilov E.A.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: EvgenyDplus@mail.ru

This article analyzes a rendering technique called «path tracing». Importance of computer graphics in modern software is discussed. Path tracing physical model families for scattering, reflection and transmittance are distinguished. Each family primary model features are reviewed in detail. It is noted that spherical coordinates' application requires significant computing power because of an additional transformation, so their usage is brought down to a minimum. All calculations are done with usage of radiance spectral density, which allows for improved color decoding. Proof-of-concept path tracing software is developed using C++ programming language. This software implements several physical BRDF and shading models. Software design is presented. Modular application design is rationalized. Main class SCLT includes general path tracing algorithm working cycle. Tracer class instances simulate ray paths. BRDF class implements physically based surface models. For shading models abstract class ShadingModel is implemented. Used classes, their purpose and implemented methods are depicted in detail using UML diagram language.

Keywords: path tracing, rendering, bidirectional reflectance distribution function, physically based rendering, spectral power distribution, BRDF, PBR, SPD, C++ language

Без компьютерной графики не обходится ни одна современная программа. Конструкторы, разрабатывая новые модели автомобилей и самолетов, используют трехмерные графические объекты. Важную роль в достижении реалистичности отображаемой сцены играет освещение. Техника трассировки путей моделирует освещение как можно более реалистично. Теоретическая база для предложенной техники приводится в [1], имеется описание и список применений. Статья [2] описывает попытку применения техники в условиях реального проекта. Также в исследовании использовались материалы [3, 4, 5], посвященные тонкостям реализации техники трассировки путей на практике.

Одной из основных функций рендерера является набор поддерживаемых им физических моделей. Все эти модели являются специализацией базового класса BRDF. Каждая модель, определенная в рендерере,

принадлежит к одному из следующих семейств:

- рассеяния;
- отражения;
- пропускания.

Первая реализованная модель диффузного семейства также является самой простой: модель Ламберта. Для моделей Оре-на-Найяра и Торранса-Кука необходимо использовать другой подход. Их уравнения в значительной степени основаны на использовании направлений света в сферических координатах. Для их вычисления обычно требуется изменение системы координат, преобразование этих направлений в касательное пространство с началом в точке пересечения лучей. Таким образом, расчет сферических координат может быть согласованным для каждой точки пересечения и для каждого направления.

Но когда это возможно, лучше полагаться на тригонометрию и векторные опера-

ции, чтобы избежать затрат на вычисление преобразования. Вот почему все эти модели реализованы с использованием операций, которые не используют сферические координаты напрямую.

Для измеренной модели BRDF необходим другой подход. Наборы данных индексируются с использованием сферических координат. Вот почему, прежде всего, необходима генерация касательной пространственной оси. Для оси u будет использоваться нормаль в точке пересечения поверхности. Для касательных и битангентных векторов доступны разные подходы. Обычно система координат может быть создана строго из одного вектора, вырезая один из компонентов и инвертируя оставшиеся два. Это было бы хорошим методом для использования, потому что измеренный BRDF, как и все другие диффузные модели, представленные в этом тезисе, являются изотропными, поэтому им не нужно, чтобы тангенс был ориентирован в определенном направлении. Этот полезный метод используется в другой части рендерера, но для измеренной BRDF был исследован другой способ: возможно вычислить перекрестное произведение между нормалью и направлением для получения кандидата касательного вектора, а затем вычислить перекрестное произведение между ним и нормалью, чтобы получить битангенс. Это предпочтительный метод, используемый рендерером для вычисления тангенциального пространства для измеренной модели BRDF и выполнения изменения преобразования координат для направления, чтобы преобразовать их в сферические координаты. Теперь необходимо сделать еще один шаг: прямое считывание выборки из наборов данных, ближайших к сферической координате, полученной из предыдущего расчета, не подходит для визуализации. По этой причине специфические переназначить в сферической системе координат необходимо использовать. Повторное отображение задается следующей формулой (учитывая, что в рендерере y – это ось вверх):

$$\text{remap}(\theta_i, \phi_i, \theta_o, \phi_o) = (\sin \theta_i \sin \theta_o, \cos \theta_i \cos \theta_o, \Delta\phi).$$

Этот переназначение имеет два важных свойства:

– изотропность BRDF учитывается. Это дается $\Delta\phi$. Используя этот термин, пары направлений, которые имеют различные значения, могут быть связаны с тем же набором образцов, потому что они находятся на одинаковом расстоянии $\Delta\phi$ даже если значе-

ния ϕ не совпадают. Таким образом, BRDF не зависит от направления касательной;

– взаимность BRDF учитывается.

Последние модели, реализованные в рендерере – это модели отражения и передачи. Они используются вместе, чтобы создать стеклянный материал.

Ключевая особенность трассировщика пути рендеринга заключается в данных, используемых для оценки цвета: все расчеты выполняются с использованием спектральных распределений мощности для материалов объекта и источников света. Значение, полученное для каждого пикселя, затем преобразуется в трехцветные значения, а затем отображается цвет sRGB. Для регулирования общей мощности света в сцене был использован параметр яркости. Также sRGB Гамма-коррекция применяется, как и для другой модели, содержащейся в рендерере, который использует спектральные данные, чтобы лучше декодировать цвета, полученные из спектральных данных.

Рендерер поддерживает несколько типов рендеринга, основанных на различных видах цветовых данных, стандартных RGB или спектральных. Таким образом, существует требование, чтобы средство визуализации имело возможность изменять технику, используемую для визуализации сцены, удобным способом. Это также причина, по которой рендерер должен придерживаться принципа разделения задач, который требует разбиения программного обеспечения на модули, каждый из которых учитывает определенный набор информации и операций. Рендерер состоит из разных модулей, каждый из которых создан для управления определенной частью механизма рендеринга трассировки лучей.

Основным классом, который запускает процесс рендеринга, является *SCLT*. Он содержит основной цикл общего алгоритма трассировки лучей. Этот цикл проходит через каждый пиксель плоскости обзора и отслеживает текущий луч камеры с помощью экземпляра класса *Tracer* (рис. 1), чтобы получить цвет пикселя (или части пикселя,

в случае рендеринга с сглаживанием) изображения с помощью метода *getColor(Ray ray, int bounce)*, который имеет два параметра: первый – это трассируемый луч, реализованный в классе *Ray* и описываемый началом и направлением, второй – максимальное количество отскоков, которое разрешено лучу выполнить. Эти отскоки могли

быть получены по разным причинам: происходит переход луча между отражающим/преломляющим материалом в модели трассировки лучей Уиттеда или общее число максимально допустимых отказов при трассировке путей. Очевидно, в классе *SCLT* также есть общие настройки, необходимые для визуализации сцены: определение плоскости вида (*ViewPlane* класс) и определение камеры (класс *Camera*).

Физически основанные модели реализованы как специализация базового класса BRDF (рис. 2). Что касается компонента трассировки и шейдинга, добавление новой модели BRDF требует только создания нового класса.

По умолчанию рендерер поддерживает следующие физически основанные модели BRDF:

– ламбертианский;

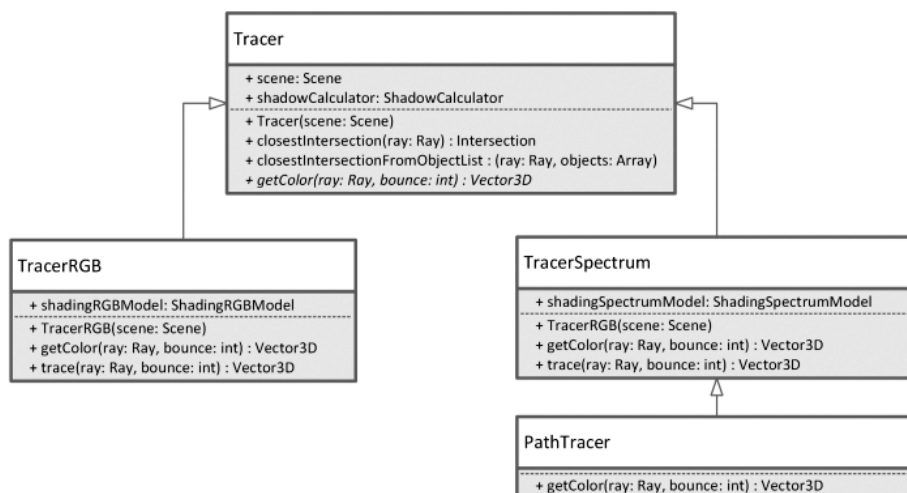


Рис. 1. Иерархия классов *Tracer*

Различные виды трассировщика реализуются в визуализаторе, каждый из учета для различных особенностей. Существует базовый класс *Tracer*, который реализует метод, общий для всей специализации трассировщиков: *closestIntersection(Ray ray)*. Этот метод используется для расчета ближайшего пересечения луча с объектами в сцене. Будет отображаться ближайший объект. Это стандартный метод, общий для всей модели трассировки лучей, реализованной в рендере. Поэтому он содержится в этом базовом классе.

Существует две специализации класса *Tracer*, каждая из которых учитывает различные методы цветопередачи: *TracerRGB* и *TracerSpectrum*. Как следует из названия, первый используется для рендеринга сцены с использованием стандартных данных RGB, второй – с использованием спектральных данных. Подклассы *Tracer* реализуют два метода: описанный ранее *GetColor(Ray ray, Int bounce)* и метод *trace(Ray ray, int bounce)*. Последний – это метод, который выполняет трассировку луча.

– Орена-Найяра;
– зеркальное отражение;
– зеркальная передача;
– Торранса-Кука.

Поскольку основной задачей визуализатора является отрисовка спектральной сцены, все модели BRDF реализованы с поддержкой только спектральных данных.

Различные BRDF связаны в *MaterialBRDF* класс для создания разных видов материала. Там также *MaterialRGB* класс, используемый в сцене RGB. Все они являются специализацией класса *Material*.

Предыдущие компоненты используют данные, взятые из класса *Scene*, который содержит определение сцены с информацией о трассировщике и модели затенения, которые будут использоваться во время рендеринга. *TracerModelFactory* и *ShadingModelFactory* создают экземпляры модели трассировки и затенения, определенной в описании сцены. В *SCLT* есть один экземпляр класса *Scene*, основанный на выборе пользователя, который передается как указатель через все ранее просмотренные классы, которые в этом нуждаются.

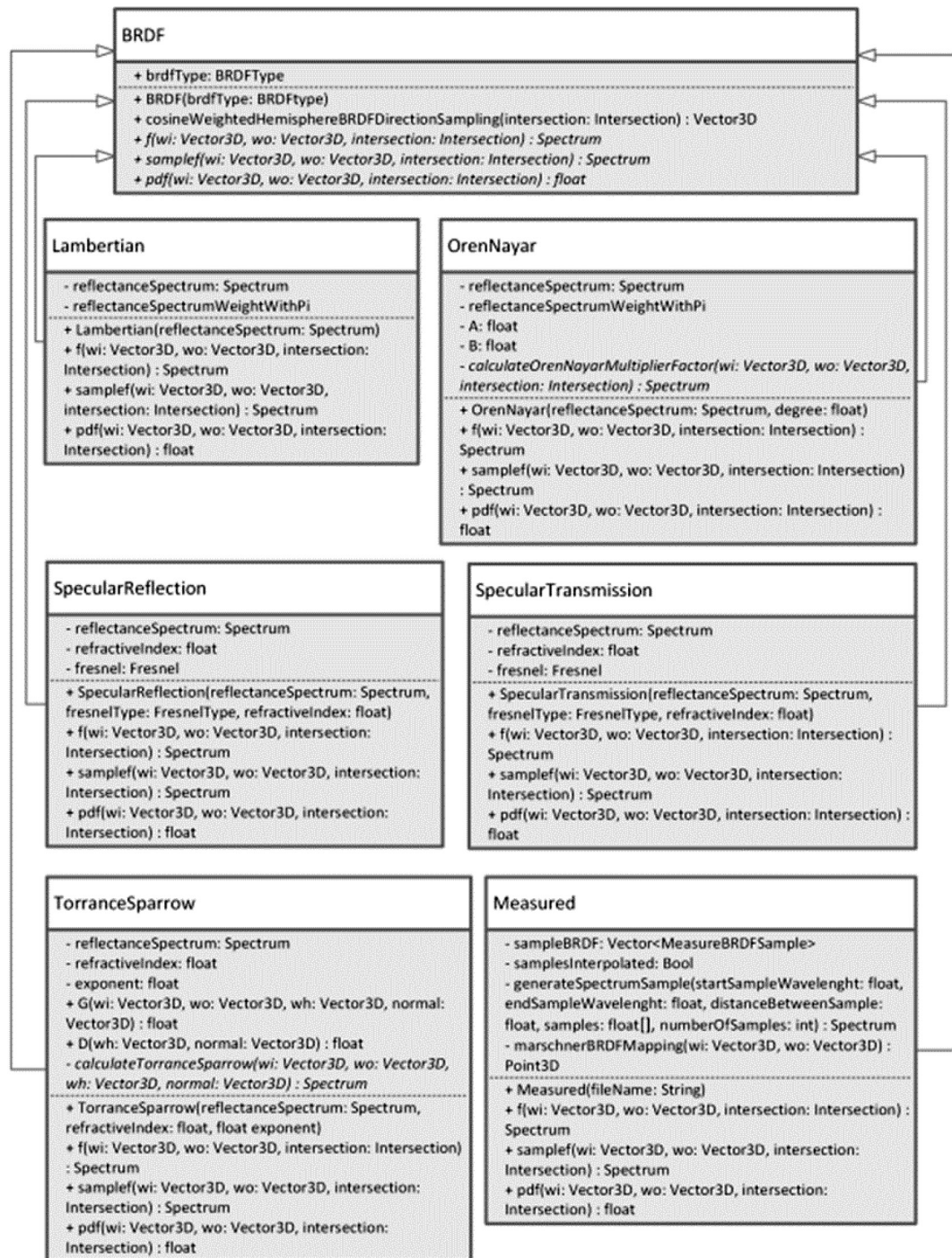


Рис. 2. Иерархия классов BRDF

Вся представленная структура была определена с акцентом на то, чтобы визуализатор был «подключаемой и расширяемой системой»: было бы легко добавить новые трассировщики или модели шейдинга в качестве специализации базовых классов, представленных ранее.

Для моделей затенения есть базовая модель *ShadingModel*. Этот класс расширен двумя специализациями, *ShadingRGBModel* и *ShadingSpectrumModel*. Все модели затенения, реализованные в рендерере, должны расширять один из этих классов, чтобы объявить о своей поддержке RGB или спектральных данных.

Рендерер поддерживает следующие модели затенения, каждый из которых реализуется своим классом. *Whitted* – класс, который реализует трассировку лучей Уиттеда с использованием эмпирических моделей BRDF Фонга/Блинна-Фонга и данных RGB.

WhittedBRDF – класс, который реализует трассировку лучей Уиттеда, используя физически корректные BRDF и спектральные данные. *PathBRDF* – класс, который реализует модель трассировки пути, используя, как и в случае с *WhittedBRDF*.

Список литературы

1. Jones M.W., Sramek M. 3D distance fields: A survey of techniques and applications // Visualization and Computer Graphics, 2006. – IEEE Transactions on 12 (4). – PP. 581-599.
2. Donnelly W. Per-Pixel Displacement Mapping with Distance Functions / GPU Gems 2: Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation, 2005. – PP. 123-137.
3. Frisken S.F. Perry R.N. Designing with Distance Fields / TR2006-054, 2006. – PP. 60-66.
4. Jamriska O. Interactive Ray Tracing of Distance Fields // Central European Seminar on Computer Graphics (CESCG), 2010. – PP. 27-34.
5. Koschier D., Deul C., Bender J. Hierarchical hp-Adaptive Signed Distance Fields // Symposium on Computer Animation, 2016. – PP. 189-198.

УДК 28.23.15

МЕТОДЫ И ЭТАПЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

Полюхин Д.А., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: denis1564@yandex.ru

Статья посвящена актуальному направлению в информатике – распознаванию рукописного текста. Выполнен обзор систем распознавания, использующих различные методы: шаблонные, признаковые, структурные. Отмечаются достоинства и недостатки этих методов. Приводятся характерные особенности распознаваемого рукописного текста – шрифтовое и размерное разнообразие символов; искажения в изображениях символов, разрывы образов символов; слипание соседних символов; перекосы при сканировании; посторонние включения в изображениях; сочетание фрагментов текста на разных языках; большое разнообразие классов символов, которые могут быть распознаны только при наличии дополнительной контекстной информации. В обзорном плане рассмотрены существующие этапы распознавания рукописного текста. На этапе предобработки изображения выполняется повышение качества изображения за счет фильтрации, шумоподавления и других, имеющих своей целью повысить качество изображения. Используется пороговая бинаризация, которая позволяет резко разделить текст и фон, упрощает в дальнейшем применение многих алгоритмов, а также избавляет от некоторых шумов на изображении. На этапе сегментации текст разделяется на удобные для анализа составные части. Выполняется разделение текста на отдельные строки (сегментация строк) и разделение строк на слова (сегментация слов).

Ключевые слова: распознавание рукописного текста, шаблонные, признаковые, структурные, фильтрация изображений, бинаризация, сегментация текста, нормализация строк

METHODS AND STAGES OF A DISCERNMENT OF THE HAND-WRITTEN TEXT

Polukhin D.A., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: denis1564@yandex.ru

The paper is devoted to actual direction in computer science – discernment of the hand-written text. The review of systems of a discernment using various methods is carried out: sample, character, structural. The virtues and shortages of these methods are marked. The characteristics of the recognized hand-written text – font and dimensional variety of numerals are reduced; distortions in images of numerals, ruptures of images of numerals; slipping of adjacent numerals; distortions at scanning; outside inclusions in images; a combination of fragments of the text on different languages; large variety of classes of numerals, which can be recognized only at presence of an additional context-sensitive information. In a survey plan the existing stages of a discernment of the hand-written text are considered. At a stage of pre-processing of an image the image enhancement is fulfilled at the expense of a filtration, noise quieting and others, having by the purpose to increase quality of an image. Is used threshold binarization, which allows sharply to divide the text and hum noise, simplifies in further application of many algorithms, and also saves of some noise on an image. At a stage of segmentation the text is divided into the constituents, convenient for the analysis. The separation of the text on separate lines (segmentation of lines) and separation of lines on words (segmentation of words) is fulfilled.

Keywords: handwriting recognition, template, feature, structural, image filtering, binarization, text segmentation, string normalization

Широко исследуемой проблемой в настоящее время является распознавание рукописного текста. На данный момент достигнутая точность распознавания даже ниже, чем для рукописного «печатного» текста. Более высокие показатели могут быть достигнуты только с использованием контекстной и грамматической информации. Например, в процессе распознавания искать целые слова в словаре легче, чем пытаться проанализировать отдельные символы из текста. Знание грамматики языка может также помочь определить, является ли слово глаголом или существительным. Формы отдельных рукописных символов иногда могут не содержать достаточно информации, чтобы точно (с уровнем более 98%) распознать весь рукописный текст. Методы автоматического распознавания образов и их реализация в системах оптического чтения текстов (*OCR-системах* – *Optical Character*

Recognition) – одна из самых плодотворных технологий искусственного интеллекта (ИИ). В приведенной трактовке *OCR* понимается как автоматическое распознавание с помощью специальных программ изображений символов печатного или рукописного текста, например, введенного в компьютер с помощью сканера, и преобразование его в формат, пригодный для обработки текстовыми процессорами, редакторами текстов и т.д. Иногда под *OCR* понимают устройство оптического распознавания символов или автоматического чтения текста. В настоящее время такие устройства при промышленном использовании обрабатывают до 100 тыс. документов в сутки. Промышленное использование предполагает ввод документов хорошего и среднего качества – это бланки переписи населения, налоговых деклараций, бланки статистического учета и т. п. [1].

Отметим следующие особенности предметной области, существенные с точки зрения OCR-систем: шрифтовое и размерное разнообразие символов; искажения в изображениях символов (разрывы образов символов, например, при увеличении изображения; слипание соседних символов и др.); перекосы при сканировании; посторонние включения в изображения; сочетание фрагментов текста на разных языках; большое разнообразие классов символов, которые могут быть распознаны только при наличии дополнительной контекстной информации.

Методы распознавания. Системы распознавания реализуются как классификаторы, использующие различные методы: шаблонные (растровые); признаковые; структурные [2]. В классификаторе шаблонного типа с помощью критерия сравнения определяется, какой из шаблонов выбрать из базы. Самый простой критерий – минимум точек, отличающих шаблон от исследуемого изображения. К достоинствам шаблонного классификатора относятся хорошее распознавание дефектных символов («разорванных» или «склеенных»), простота и высокая скорость распознавания. Недостатком является необходимость настройки системы на типы и размеры шрифтов.

В признаковых классификаторах анализ проводится только по набору чисел или признаков, вычисляемых по изображению. Этот метод позволяет распознавать различные начертания символов, т.е. различные подчерки шрифты и т.д. Этот метод неизбежно вызывает некоторую потерю информации, так как используется топологическое представление, отражающее информацию о взаимном расположении структурных элементов символа. Эти данные могут быть представлены в графовой форме. При этом данный метод обеспечивает инвариантность относительно типов и размеров шрифтов. Недостатками являются трудность распознавания дефектных символов и медленная работа.

Основой структурно-пятенного метода является структурно-пятенный эталон [2]. Он имеет вид набора пятен с попарными отношениями между ними. Данное представление нечувствительно к различным начертаниям и дефектам символов. Алгоритм основан на сочетании шаблонного и структурного методов распознавания образов. При анализе образца выделяются ключевые точки объекта – так называемые «пятна». В качестве пятен, например, могут выступать: концы линий; узлы, где сходятся несколько линий; места изломов линий; места пересечения линий; крайние точки. После выделения характерных точек определяют-

ся связи между ними – отрезок, или дуга. Таким образом, итоговое описание представляет собой граф, который и служит объектом поиска в библиотеке «структурно-пятенных эталонов». При поиске устанавливается соответствие между ключевыми точками образца и эталона, после чего определяется степень деформации связей, необходимая, чтобы привести искомым объект к сравниваемому эталонному образцу. При этом, меньшая степень необходимой деформации предполагает большую вероятность правильного распознавания символа. Далее рассмотрим этапы обработки изображения.

1. Предобработка. На этом этапе выполняются следующие задачи: повышение качества изображения за счет фильтрации, шумоподавления и других, имеющих своей целью повысить качество изображения. На этом этапе происходит очистка изображения от дефектов сканирования. В частности, в самом начале работы к изображению в целях шумоподавления часто применяется фильтр Гаусса. Важную роль играет пороговая бинаризация, то есть перевод изображения в чёрно-белый формат из цветного или оттенков серого [3]. Это позволяет резко разделить текст и фон, упрощает в дальнейшем применение многих алгоритмов, а также избавляет от некоторых шумов на изображении. При этом используется гистограмма яркости изображения текста, на котором наблюдается два пика: высокий пик, соответствующий белому фону, то есть цвету бумаги, и пик в области тёмных пикселей, соответствующих яркости символов текста.

2. Выделение региона интереса. На этом этапе на бинаризованном изображении выделяется непосредственно область, на которой находится распознаваемый текст, и отбрасываются элементы, текстом не являющиеся [3,4]. К ним относятся такие объекты, как кляксы, пятна на бумаге, не удалённые в процессе бинаризации, картинки и др. Для их удаления можно, например, выделять компоненты связности на изображении, вычислять геометрические признаки и на их основе классифицировать компоненты связности как часть текста или дефект, используя методы машинного обучения или эвристики.

3. Сегментация и нормализация текста. На этом этапе текст разделяется, или сегментируется, на удобные для анализа составные части [5]. Наиболее естественными действиями на данном этапе является разделение текста на отдельные строки (сегментация строк) и разделение строк на слова (сегментация слов), а также, теоретически,

разделение слов на элементарные составные части. Кроме того, на данном этапе проводится нормализация текста приведение выделенных составных частей к некоторому стандартному виду для снижения вариативности и упрощения распознавания.

Сегментация строк. Задача сегментации (разделения) строк в машинопечатных документах на сегодняшний день считается полностью решённой. Но в задачах при разделении строк в общем случае возникают сложности, не позволяющие напрямую применять алгоритмы, пригодные для машинопечатных текстов:

- строки не только могут не являться параллельными, но и могут изгибаться;

- различные строки могут быть слишком близки, а элементы текста, принадлежащего различным строкам, могут налагаться друг на друга.

Например, если коэффициент формы области (отношения квадрата её периметра к площади) меньше некоторого значения, а площадь больше некоторого значения, то это с большой вероятностью дефект (т.к. рукописный текст обычно является некоторой кривой).

Выделение базовых линий. Эти методы основаны на идее, что человек пишет либо по, либо поверх некоторой воображаемой линии. Данные методы пытаются аппроксимировать эту линию, а затем восстановить по ней строку. В преобразовании Хафа выделяются прямые, если они не слишком искривлены. Преобразование Хафа применяется к центрам компонент связности пикселей текста. Такой подход требует, чтобы строки текста были близки к прямым, но зато позволяет выделять строки, расположенные в произвольном месте и идущие под произвольными углами.

Пересечение элементов различных строк представляет собой проблему

не только сегментации строк, но и распознавания текста, так как отнесение элемента к неправильной строке очевидно ухудшает его распознаваемость. Пересекающиеся компоненты являются проблемой для методов горизонтальной проекции (так как они увеличивают значение профиля проекции в тех местах, где должен быть его минимум) группировочных методов (так как они используют связанные компоненты пикселей текста для построения строк), но слабо влияют на некоторые методы выделения базовых линий. Для поиска пересекающихся элементов из различных строк можно использовать такие признаки, как размер компонент связности текста, факт отнесения одной компоненты к нескольким строкам или, напротив, не относящимся ни к какой строке. После нахождения таких сомнительных компонент нужно определить, относятся ли они к какой-то строке или же их нужно декомпозировать на элементы, относящиеся к разным строкам. Такая вертикальная декомпозиция компонент сложная задача. Простое решение заключается в разрезании компоненты на части горизонтальными линиями, но можно применить и более тонкие подходы, например, выделение отдельных штрихов.

3. Сегментация слов. На этом этапе работы системы распознавания выделенные строки текста разделяются на отдельные слова. В отличие от машинописного текста, в котором расстояние между словами более-менее постоянно, а интервалы между символами внутри слова гораздо меньше, чем интервалы между словами, в рукописном тексте размер интервалов между словами может варьироваться в очень широких пределах. Компоненты связности текста, отнесённые к одной строке на предыдущем этапе работы системы распознавания, объединяются в слова на этом этапе.

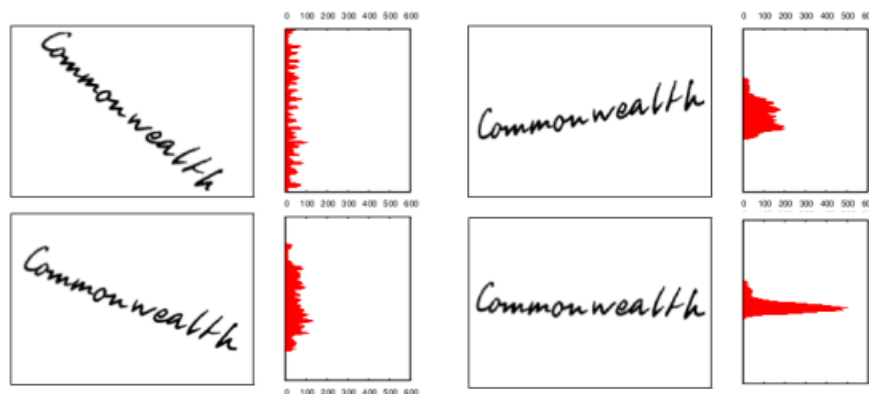


Рис. 1. Коррекция строк по горизонтали с использованием гистограммы профиля

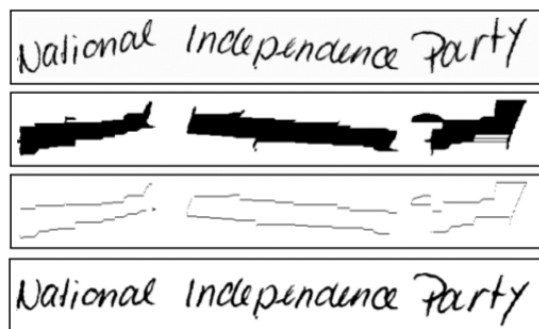


Рис. 2. Коррекция строк по горизонтали с использованием алгоритма линейной регрессии

4. Нормализация. В силу высокой вариативности начертания слов их распознавание является очень сложным процессом [6]. Нормализация служит для приведения слова к некоторому стандартному виду без значительной потери информации, необходимой для распознавания. Одними из наиболее часто используемых методов нормализации является метод коррекции наклона слова от горизонтальной и вертикальной линии [7]. Простейший метод коррекции по горизонтали состоит в выполнении максимизации его на некотором диапазоне (рис. 1). Существуют и другие методы нормализации, например, коррекция размера и выделение скелета текста, но они применяются реже.

Существуют и другие методы, например, основанные на сглаживании и линейной регрессии (рис. 2).

Список литературы

1. Предварительная обработка изображений – Национальная библиотека им. Н.Э. Баумана [Электронный ре-

сурс] // Предварительная обработка изображений. – URL: https://ru.bmstu.wiki/Предварительная_обработка_изображений. (дата обращения: 02.03.2019).

2. Выделение областей интереса на основе классификации изолиний – тема научной статьи по медицине и здравоохранению читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка [Электронный ресурс] // Выделение областей интереса на основе классификации изолиний. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-oblastey-interesa-na-osnove-klassifikatsii-izoliniy>. (дата обращения: 04.03.2019).

3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Ч.2. – М.: Мир, 1982. – 480 с.

4. 868.pdf [Электронный ресурс] // Автоматическая сегментация текста с учетом его семантической структуры. – URL: <https://openbooks.ifmo.ru/ru/file/868/868.pdf> (дата обращения: 02.03.2019).

5. Сальников И.И. Поэлементный анализ растровых изображений. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. – 180 с.

6. Методы оффлайн-распознавания рукописного текста – pdf [Электронный ресурс] // Методы оффлайн-распознавания рукописного текста. – URL: <https://docplayer.ru/25970063-Metody-offlayn-raspoznavaniya-rukopisnogo-teksta.html>. (дата обращения: 03.03.2019).

7. GK.pdf [Электронный ресурс] // Методы оффлайн-распознавания рукописного текста. – URL: <http://www.textolog-rgali.ru/userfiles/articles/article2/GK.pdf>. (дата обращения: 05.03.2019).

УДК 681. 518

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕМНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Прохновский М.А., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: iis@penzgtu.ru

В статье рассмотрены вопросы формирования объемных трехмерных изображений, сделан акцент на метод интегральной визуализации, преимущества которого заключается в его простоте и способности реконструировать 3D-информацию без дорогостоящих устройств и требовательных условий. Дальнейшие достижения в устройствах отображения с меньшим размером пикселя могут привести к созданию интегральной визуализации на новом уровне, в котором мы можем потенциально достичь 3D-дисплея с высоким разрешением. Благодаря прогрессу в области оптико-электронных датчиков, таких как CMOS и CCDs, устройства отображения, такие как ЖК-дисплеи, и коммерчески доступные цифровые компьютеры, принципы интегральной визуализации получили новое развитие. В своей нынешней форме интегральная визуализация относится к более широкому классу многозональных систем визуализации и стала перспективным подходом к 3D-зондированию и визуализации. Интегральное изображение было исследовано для восприятия, захвата, и визуализации 3D предметов, используя современные оптические и цифровые приборы, а также различные методы обработки изображения. Мультиперспективная 3D-визуализация использует информацию из записи обычных 2D некогерентных изображений. Так как используются стандартные 2D изображения, системы мультиперспективной 3D-визуализации могут быть построены, используя один недорогой фотоаппарат или массив недорогих тепловизоров.

Ключевые слова: 2D изображения, формирование 3D-изображений, интегральная визуализация, интегральная съемка, ЖК-дисплей

INTEGRAL VISUALIZATION IN THE FORMATION OF VOLUME THREE-DIMENSIONAL IMAGES

Prochnovsky M.A., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: iis@penzgtu.ru

The article discusses the formation of three-dimensional three-dimensional images, focuses on the method of integrated visualization, the advantages of which are its simplicity and the ability to reconstruct 3D information without expensive devices and demanding conditions. Further advances in display devices with a smaller pixel size can lead to the creation of an integral visualization at a new level in which we can potentially achieve a high resolution 3D display. Thanks to advances in optoelectronic sensors such as CMOS and CCDs, display devices such as LCD displays, and commercially available digital computers, the principles of integral visualization have gained new development. In its current form, integral visualization belongs to a wider class of multi-zone visualization systems and has become a promising approach to 3D-sensing and visualization. Integral imagination was investigated for the perception, capture, and visualization of 3D objects using modern optical and digital devices, as well as various image processing methods. Multi-Perspective 3D-visualization uses information from the recording of ordinary 2D incoherent images. Since standard 2D images are used, multi-perspective 3D visualization systems can be built using one inexpensive camera or an array of low-cost thermal imagers.

Keywords: 2D images, 3D imaging, integrated visualization, integral imaging, LCD displays

На протяжении многих десятилетий ученые и инженеры используют новые технологии трехмерного (3D) зондирования и визуализации реальных объектов. В отличие от традиционных методов двумерной (2D) визуализации, технологии 3D-визуализации могут существенно захватывать 3D-структуру, диапазон и текстурную информацию объектов. Существует множество технологий 3D-визуализации, таких как голография и связанные с ней методы интерферометрии, стереоскопия, методы подсветки рисунков и методы времени полета.

Мультиперспективная 3D-визуализация получается когда в 3D-сцены встраивают обычные 2D некогерентные изображения нескольких ракурсов, для формирования которых может быть использован один недорогой фотоаппарат.

В 1908 году Липпман [1] предложил новую технику, названную интегральной съемкой (ИС), формирования истинного 3D-изображения, которое можно наблюдать с параллаксом и квази-непрерывными углами обзора. Этот метод, который основан на принципе обратимости световых лучей, производит автостереоскопические изображения. При этом для восприятия 3D-изображений не требуется никаких специальных устройств просмотра. Помимо раннего наблюдения за ИС Липпмана [1], на протяжении большей части 20-го века не было никакой существенной деятельности в этой области. Это произошло в основном из-за отсутствия отработанных технологий для экономически эффективных устройств такого высокого разрешения как дисплеи и микролинзовые матрицы.

Тем не менее, благодаря прогрессу в области оптико-электронных датчиков, таких как КМОП и ПЗС, а также устройств отображения, таких как ЖК-дисплеи, принципы ИС в настоящее время получили дальнейшее развитие. В своей нынешней форме ИС относится к более широкому классу многозональных систем визуализации и стала перспективным подходом к 3D-зондированию и визуализации. Методы ИС были развиты для восприятия, захвата и визуализации 3D-изображений с использованием современных оптических и цифровых приборов обработки изображений [2]. Положительные результаты исследований были достигнуты в том числе для 3D-дисплеев в телевидении [3], для автоматического распознавания целей [4], для разделения объектов по цвету [5], для формирования 3D-подводного изображения [6], для медицинской визуализации [7] и другие [8].

Профилометрическая 3D-реконструкция. При получении плоских 2D-изображений может быть восстановлен трехмерный профиль зарегистрированной сцены. Для этого может быть использована спектральная картина излучения (*Spectral picture of a radiation* – *SRP*) для захвата интенсивности излучения определенной длины волны, которая определяет цвет объектов в направлении нахождения поверхности объектов. В [5, 9] описан метод вывода глубины Ламбертовых поверхностей из статистики *SRP* в многоцветовой системе визуализации с использованием цветовой фильтрации отдельных объектов. Излучателем Ламберта в физике называют диффузно-излучающую поверхность, которая ха-

рактеризуется диаграммой направленности рассеянного излучения, имеющая форму окружности с максимумом перпендикулярным к поверхности объекта.

Для каждой точки в трехмерном пространстве $(x; y; z)$, SRP , $L(\theta; \varphi; \lambda)$, описывает интенсивность излучения в зависимости от направления $(\theta; \varphi)$ и длины волны (λ) . На практике каждый пиксель изображения обеспечивает заданный цвет из SRP вдоль связанного главного луча. Для упрощения рассматривается интегральная схема визуализации, в которой датчики изображения расположены на плоскости $K \times L$ сетки. Лучевая диаграмма между двумя точками в пространстве и соответствующие изображения в интегральной системе изображений проиллюстрированы на рис. 1.

Для наглядности показана только система координат плоскости $Y-Z$. Для точек поверхности объекта $p(o)$ $x(o)$; $y(o)$; $z(o)$, $K \times L$ интенсивности выборки этой точки собираются датчиками изображения $K \times L$ с неидентичных точек (разные SRP). Однако, интенсивность (λ) среди этих SRP должны быть соотнесены друг с другом, если эта точка удовлетворяет предположению Ламберта. Если точка, $P(v)$ $(x(v); y(v); z(v))$, находится в свободном пространстве, то есть не принадлежит ни к одной поверхности объекта в 3D-пространстве, то $K \times L$ интенсивности собранных выборок, скорее всего, будут отличаться, поскольку эти выборки, вероятно, из разных частей анализируемого изображения.

Это изменение интенсивности среди собранных SRP может быть использовано для оценки глубины точек объекта с помощью следующей формулы:

$$\tilde{z}(x, y) = \arg \min_{z \in Z} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{l=0}^{L-1} [L(\theta_{kl}, \varphi_{kl}, \lambda) - \bar{L}(\theta, \varphi, \lambda)]^2, \quad (1)$$

где L – среднее значение SRP по всем направлениям и Z – диапазон объектов, представляющих интерес.

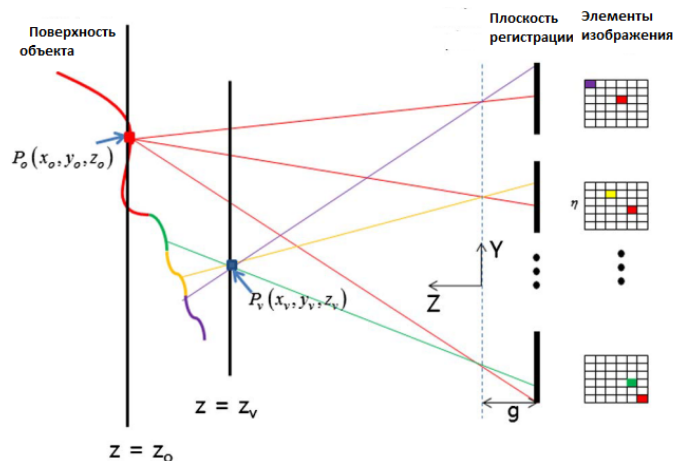


Рис. 1. Лучевая диаграмма между двумя точками в пространстве

Уравнение (1) можно объяснить как дисперсию. Функция SRP достигнет локального минимума на реальной глубине точек объекта. Как только глубина точек объекта восстанавливается, можно реконструировать 3D-профиль сцены.

и, как следствие, различный поток фотонов в зависимости от дальности до объекта. 3D-визуализация при этих условиях может быть выполнена с использованием алгоритма вычислительной реконструкции, основанного на оценке максимального прав-

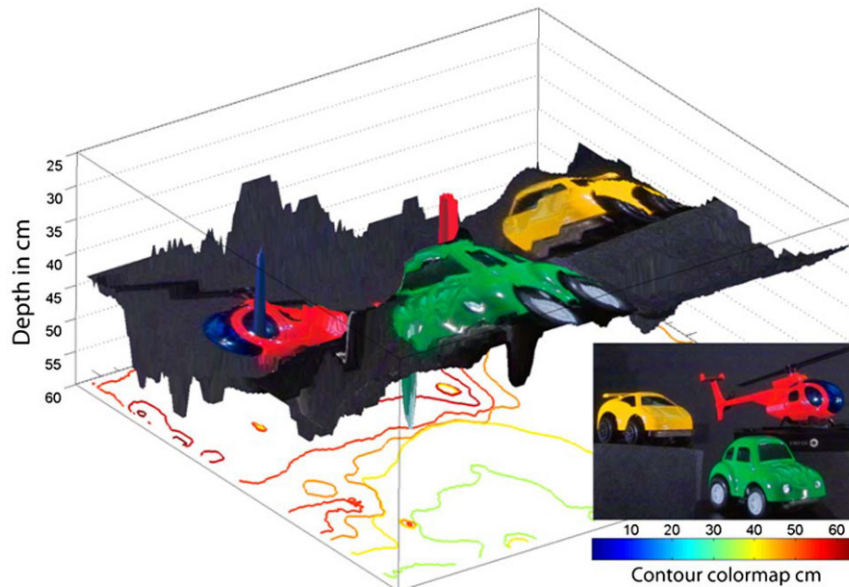


Рис. 2. 3D-визуализация по цвету

Интегральная визуализация может использоваться также для трехмерной визуализации подводных объектов. Подводная съемка по своей сути отличается от аэрофотосъемки из-за поглощения и рассеяния света от различных подводных частицы и молекул воды. Метод интегральной визуализации учитывает пространственное положение объектов из-за разницы в показателе преломления воды.

Подсчет фотонов и 3D-визуализация. Подсчитывать фотоны в объединенном 2D-изображении было предложено для выполнения 3D-визуализации [10] и 3D распознавания целей [8] в условиях низких уровней освещенности сцены. При этом каждый объект имеет различную яркость

доподобия [10] потока фотонов. Плотность вероятности потока фотонов задается функцией вероятности Пуассона [7]:

$$P(c|W) = \frac{W^c e^{-W}}{c!}, \quad c = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

где c – число наблюдаемых фотонов, а W – интегральная интенсивность за определенный период времени и постоянная. Фактически, параметр Пуассона W для количества фотонов в каждом пикселе изображения пропорционален интенсивности излучения пикселя изображения [8]. На основе алгоритма $MAP-EM$ [9] восстановленную интенсивность объекта r можно получить по следующему итерационному уравнению:

$$r_j^{(n+1)} = \frac{r_j^{(n)}}{\sum_i H_{ij} + \beta (\partial U(r^{(n)}) / \partial r_j)} \sum_i \frac{H_{ij} c_i}{\sum_k H_{ik} r_k^{(n)}}, \quad (3)$$

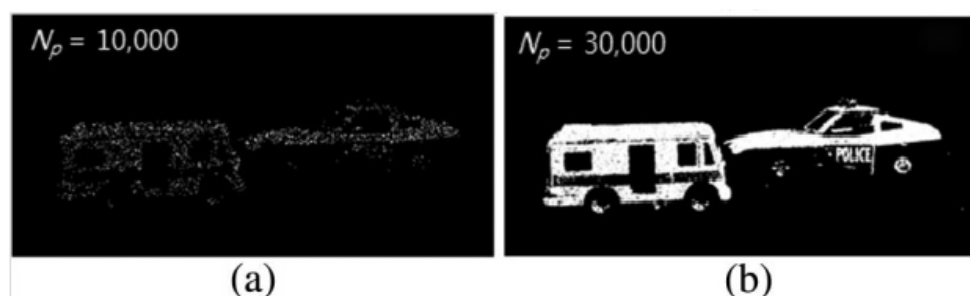


Рис. 3. Метод подсчета фотонов для 3D-визуализации

где $H(ij)$ построен дискретной функцией распространения точки объектива изображения приемистости, $U(r)$ является функционалом предшествующей энергии (например, ограничение полной вариации, β – параметр регуляризации, n – время итерации, а i, j, k – индексы пикселей. Итерация останавливается, когда среднеквадратичная ошибка между $r(n+1)$ и $r(n)$ меньше заданного порога. На рис. 3 показаны две группы результатов подсчета фотонов с разным числом посчитанных фотонов $N(p)$.

Ограничение полной вариации является эффективным для восстановления интегральных изображений, полученных с помощью фотонных счетных датчиков [11]. В [12] также было продемонстрировано, что он эффективен для восстановления мало-фотонных интегральных изображений, полученных с помощью обычных ПЗС-или КМОП-датчиков. Когда использованы обычные датчики, изображение типично повреждено шумом восходящего потока теплого воздуха и отсчетами шума Пуассона, источником которого является случайный процесс появления фотона. Но, используя алгоритм полного вариационного ожидания максимального правдоподобия формируется четкое изображение несмотря на то, что исходное изображение имеет отношение сигнал-шум намного ниже 1. В [12] реальные экспериментальные результаты показали успешную реконструкцию интегральных изображений, полученных обычной каме-

рой, освещенной в среднем четырьмя фотонами на пиксель.

Список литературы

1. Ives H.E. Optical properties of a Lippman lenticulated sheet // J. Opt. Soc. Am. 21, 171 (1931).
2. Javidi B., Okano F., Son J.Y. Three-Dimensional Imaging, Visualization, and Display (Springer, 2009). – 258 p.
3. Mishina T. 3D television system based on integral photography // Proceedings of the Picture Coding Symposium (PCS), 2010 (IEEE, 2010). – P. 20.
4. Schulein R., Do C.M., Javidi B. Distortion-tolerant 3D recognition of underwater objects using neural networks // J. Opt. Soc. Am. A 27, 461–468 (2010).
5. Park J.H., Jeong K.M. Frequency domain depth filtering of integral imaging // Opt. Express 19, 18729–18741 (2011).
6. Cho M., Javidi B. Three-dimensional visualization of objects in turbid water using integral imaging // J. Disp. Technol. 6, 544–547 (2010).
7. Levoy M., Zhang Z., McDowall I. Recording and controlling the 4D light field in a microscope using microlens arrays // J. Microsc. 235, 144–162 (2009).
8. Yeom S., Javidi B., Watson E. Photon counting passive 3D image sensing for automatic target recognition // Opt. Express 13, 9310–9330 (2005).
9. Daneshpanah M., Javidi B. Profilometry and optical slicing by passive three-dimensional imaging // Opt. Lett. 34, 1105–1107 (2009).
10. Tavakoli B., Javidi B., Watson E. Three dimensional visualization by photon counting computational integral imaging // Opt. Express 16, 4426–4436 (2008).
11. Aloni D., Stern A., Javidi B. Three-dimensional photon counting integral imaging reconstruction using penalized maximum likelihood expectation maximization // Opt. Express 19, 19681–19687 (2011).
12. Stern A., Aloni D., Javidi B. Experiments with threedimensional integral imaging under low light levels // IEEE Photonics J. 4, 1188–1195 (2012).

УДК 28.19.31

**МЕТОДЫ УПАКОВКИ ЗАДАННОГО ОБЪЕМА СЫПУЧИХ
МАТЕРИАЛОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ****Пузренков А.Н., Сальников И.И.***Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: master_say@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования упаковки элементов сыпучих веществ в виде одинаковых сфер, что является актуальной задачей в настоящее время, поскольку эти исследования позволяют определить параметры сыпучих материалов. Элемент сыпучего материала в виде сферы является наиболее простой формой. Рассмотрены также элементы в виде эллипсоидов. Приводятся расчеты числа элементов сыпучих материалов при ортогональной и гексагональной упаковке. Показано, сыпучие элементы в виде сфер занимают всего лишь половину объема емкости в виде параллелепипеда. Реально для сыпучих материалов ортогональная упаковка неустойчивая, поэтому в статье рассмотрена гексагональная упаковка, коэффициент заполнения объема емкости для которой существенно увеличивается. Рассмотрена свободная гексагональная упаковка сфер без наличия ограничительных плоскостей. Для данного варианта упаковки выполнен анализ сил, действующих на сферы. Это сила тяжести и сила трения. В данном случае под действием силы тяжести, которая будет равна силе нормального давления, сферы будут выведены из положения покоя и приведены в движение. Так как вышестоящий объект опирается на нижестоящий, то движение прекратится тогда, когда будет принято устойчивое положение. Постоянное по величине давление вызывает скольжение соприкасающихся слоев объектов сыпучих материалов один относительно другого.

Ключевые слова: сыпучие материалы, объем, ортогональная упаковка, гексагональная упаковка, упаковка сфер, эллипсоид

**METHODS OF PACKING OF SPECIFIC VOLUME OF LOOSE MATERIALS,
CONSISTING FROM THE ELEMENTS OF THE VARIOUS FORM****Puzrenkov A., Salnikov I.I.***Penza State Technological University, Penza, e-mail: master_say@mail.ru*

In work the outcomes of a research of packing of the elements of loose substances as identical orbs are represented, that is the actual task now, as these researches allow to define (determine) parameters of loose materials. The element of a loose material as an orb is the most simple form. The elements as ellipsoids are considered also. The calculations of number of the elements of loose materials are reduced at orthogonal and hexagonal packing. Is shown, the loose elements as orbs take only half of volume of a capacity as a parallelepiped. Really for loose materials the orthogonal packing unstablis, therefore in a paper is considered hexagonal packing, space factor of volume of a capacity for which is essentially increased. The free hexagonal packing of orbs without presence of restraining planes is considered. For the given variant of packing the analysis of forces, operating on orbs is carried out. It is gravity and force of friction. In this case by gravity, which will be equal to a force of normal pressure, the orbs will be deduced (removed) from a position of rest and are reduced in driving. As the higher plant leans on lower, the driving will be stopped then, when the steady position will be accepted. Constant on magnitude the pressure calls a sliding of adjoining stratum of plants of loose materials one concerning another.

Keywords: loose materials, volume, orthogonal packing, hexagonal packing, packing of orbs, ellipsoid

Ортогональная упаковка сфер. Рассмотрим наиболее простой случай ортогональной упаковки сыпучего материала, состоящего из элементов сферической формы радиусом r , при этом емкость имеет форму параллелепипеда размерами $L \times B \times H$ (рис. 1). Определим максимально плотную упаковку одинаковых сфер, которые могут

поместиться в объем заданной ёмкости. Количество сфер радиусом r , которые будут занимать весь внутренний объем параллелепипеда (рис. 1, а), равна целой части от выражения:

$$N_{ort} = \left[\frac{LBH}{8r^3} \right]. \quad (1)$$

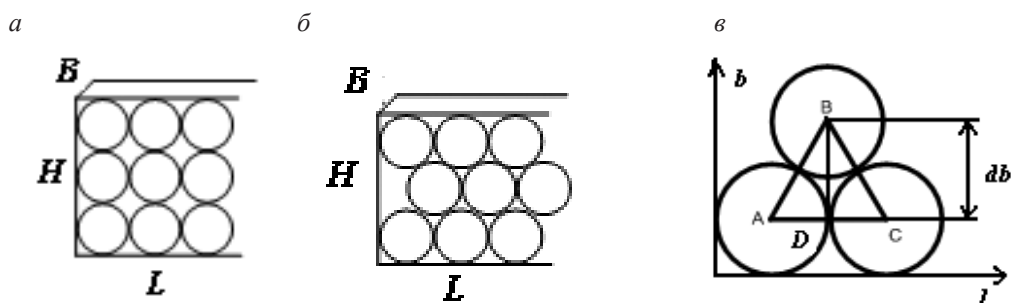


Рис. 1. Упаковки сфер в объеме параллелепипеда:
а – ортогональная, б – гексагональная, в – равносторонний треугольник ABC

Ортогональная упаковка неплотная. Коэффициент заполнения объема при ортогональной упаковке равен отношению объема сфер к объему параллелепипеда:

$$K_{ort} = \frac{V_o}{V_p} = \frac{N_{ort}}{LBH} = \frac{4\pi r^3 LBH}{3 \cdot 8r^3 LBH} = \frac{\pi}{6} = 0,523. \quad (2)$$

Гексагональная упаковка сфер. Рассмотрим случай гексагональной упаковки сфер (рис. 1,б). Эта упаковка является более плотной [1, 2]. На рис. 1,в показано, что при гексагональной упаковке линии, соединяющие центры сфер представляют собой равносторонний треугольник ABC , при этом углы равны 60° или $\frac{\pi}{3}$.

Для размера L число сфер будет уменьшаться на 1 для четных рядов (рис. 1,б). Число сфер должно быть целым числом:

$$N_{L,hex} = \left(\frac{L}{d} + \left(\frac{L}{d} - 1 \right) \right) \frac{1}{2} = \left\lfloor \frac{L}{d} - 0,5 \right\rfloor, \quad (3)$$

где d – диаметр сфер.

Для размера B расстояние между слоями сфер будет уменьшаться, причем нижний слой и верхний слой будут иметь размеры, равные d , а размеры внутренних слоев будут уменьшаться на величину $(d - d \sin 60^\circ)$ (рис. 1,в). С учетом этого, число сфер по направлению B будет равно

$$N_{B,hex} = \frac{(B-d)}{d \sin 60^\circ} + d = \left\lfloor \frac{2(B-d)}{d\sqrt{3}} + d \right\rfloor, \quad (4)$$

где число сфер должно быть также целым числом.

Используя выражение (4) для $B = 6$, получим

$$N_{6,hex} = \left\lfloor \frac{2(6-1)}{\sqrt{3}} + 1 \right\rfloor = 6,$$

то есть общее уменьшение расстояния между слоями меньше 1. А если взять B для 8 слоев, то из (4) следует

$$N_{8,hex} = \left\lfloor \frac{2(8-1)}{\sqrt{3}} + 1 \right\rfloor = 9,$$

то есть при $B \geq 8$ начинается добавление слоев из-за гексагональной упаковки сфер. Например, для $B = 100$,

$$N_{100,hex} = \left\lfloor \frac{2(100-1)}{\sqrt{3}} + 1 \right\rfloor = 115.$$

Для размера H расстояние между слоями сфер будет также как для размера M уменьшаться, причем также нижний слой и верх-

ний слой будут иметь размеры, равные диаметру d , а размеры внутренних слоев будут уменьшаться на величину $(d - d \sin 60^\circ)$, аналогичную (рис. 1,в). С учетом этого, число сфер по направлению H будет равно:

$$N_{H,hex} = \frac{(H-d)}{d \sin 60^\circ} + d = \left\lfloor \frac{2(H-d)}{d\sqrt{3}} + d \right\rfloor, \quad (5)$$

где число сфер должно быть также целым числом.

Общее число сфер в прямоугольном объеме HML с учетом (3), (4), (5) будет равно:

$$N_{HBL,hex} = \left\lfloor \frac{2(H-d)}{d\sqrt{3}} + d \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{2(B-d)}{d\sqrt{3}} + d \right\rfloor \cdot \left\lfloor \frac{L}{d} - 0,5 \right\rfloor. \quad (6)$$

Гексагональная упаковка более плотная. Коэффициент заполнения объема при гексагональной упаковке равен аналогично (2) отношению объема сфер к объему параллелепипеда:

$$K_{hex} = \frac{V_o}{V_p} = N_{HBL,hex} \cdot \frac{4\pi r^3 \cdot d^3}{3 \cdot HBL}. \quad (7)$$

Определим объем всех сфер в прямоугольном параллелепипеде с размерами $H = 10 \cdot d$; $B = 10 \cdot d$; $L = 10 \cdot d$. Для $d = 1$, используя (6), получим число сфер при гексагональной упаковке

$$N_{HBL,hex} = \left(\frac{2 \cdot 9}{\sqrt{3}} + 1 \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot 9}{\sqrt{3}} + 1 \right) \cdot (10 - 0,5) = 1234,2. \quad (8)$$

Коэффициент заполнения объема при гексагональной упаковке будет равен:

$$K_{hex} = \frac{V_o}{V_p} = 1234,2 \cdot \frac{4\pi r^3}{3HBL \cdot d} = 0,646, \quad (9)$$

что на 22,75% выше чем для ортогональной упаковки сфер.

Ортогональная упаковка эллипсоидов. В емкости формой прямоугольного параллелепипеда HBL расположены эллипсоиды. Определим объем всех эллипсоидов, ориентированных ортогональным образом (рис. 2).

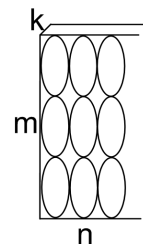


Рис. 2. Ортогональная упаковка эллипсоидов

Объем эллипсоида вычисляется по формуле [3]

$$V_{\text{элпс}} = \frac{4}{3} \pi abc, \quad (10)$$

где abc – любые неотрицательные числа.

В отличие от сферы, где $a = b = c$ у эллипсоида имеется три различных диаметра.

Вывод формул количества эллипсов и незанятого объема прямоугольного параллелепипеда аналогичен выводу формул для сферы. Количество эллипсов высчитывается перемножением соответствующих формул (10) и (1)

$$\frac{4\pi \cdot abc}{3} \frac{m}{abc} \frac{n}{abc} \frac{k}{abc} = \frac{4\pi \cdot mnk}{3a^2b^2c^2}. \quad (11)$$

Незанятый объем прямоугольного параллелепипеда

Свободная гексагональная упаковка сфер без наличия ограничительных плоскостей. Для данного варианта упаковки необходимо выполнить анализ сил, действующих на сферы. На сферы, находящиеся в емкости действуют две основные силы: сила тяжести (рис. 4,а) и сила трения (рис. 4,б).

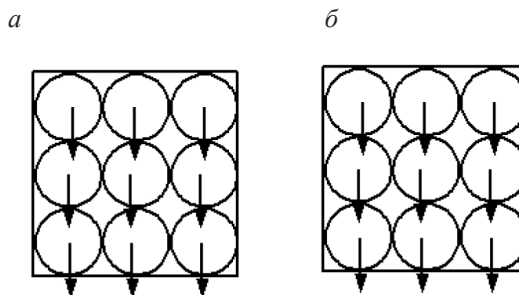


Рис. 4. а – сила тяжести сфер; б – сила трения между сферами

$$mnk - \frac{4\pi \cdot mnk}{3a^2b^2c^2} = \frac{3a^2b^2c^2 \cdot mnk - 4\pi \cdot mnk}{3a^2b^2c^2} = \frac{mnk(3a^2b^2c^2 - 4\pi)}{3a^2b^2c^2}. \quad (12)$$

Следующий вариант – гексагональная (рис. 3а) и другие упаковки эллипсоидов (рис. 3с).

Поскольку сыпучие материалы подчиняются физическим законам, как твердых

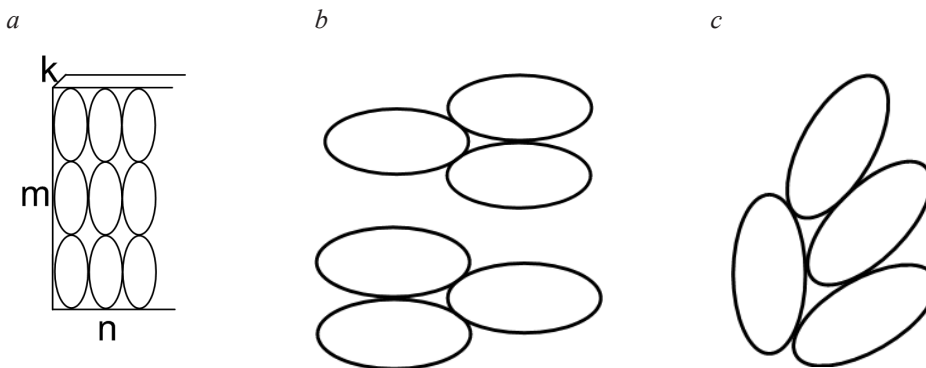


Рис. 3. Гексагональные виды упаковок эллипсоидов

При расположении эллипсоидов на рис. 3 необходимо определить количество эллипсоидов и незанятый объем прямоугольного параллелепипеда, используя различные ориентации треугольников, сформированных из центров эллипсоидов.

веществ, так и жидкостей, то в них будут действовать силы трения внешние и внутренние. Внешние силы действуют в покое между сферами. Внутренние будут действовать в случае движения сфер, например, если убрать боковые стенки (рис. 5)

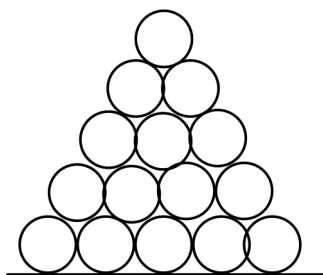


Рис. 5. Положение сфер в случае отсутствия боковых стенок

Сила трения скольжения F_{fr} пропорциональна силе нормального давления P_n , с которой оно действует на другое тело [4, 5]. Коэффициент K_{fr} определяет трение скольжения, зависящее от свойств соприкасающихся поверхностей.

$$F_{fr} = K_{fr} P_n. \quad (10)$$

В данном случае под действием силы тяжести, которая будет равна силе нормального давления, сферы будут выведены из положения покоя и приведены в движение. Так как вышестоящий объект опирается на нижестоящий, то движение прекратится тогда, когда будет принята устойчивое положение. Постоянное по величине давление вызывает скольжение соприкасающихся слоев объектов сыпучих материалов один относительно другого. В результате центральные слои будут двигаться со значительно большей скоростью, чем возле стенок и дна [6].

Исследования упаковки одинаковых сфер является актуальной задачей в насто-

ящее время, поскольку эти исследования развивают задачи определения параметров сыпучих материалов. Кроме того данное исследование поможет наиболее плотно разместить какой-либо сыпучий материал в заданной емкости.

Список литературы

1. Плотная упаковка шаров [Электронный ресурс] // Плотная упаковка шаров [1987 Асламазов Л.Г., Варламов А.А. – Удивительная физика. Библиотечка «Квант». Выпуск 63]. – URL: <http://physiclib.ru/books/item/f00/s00/z0000062/st029.shtml> (дата обращения: 02.10.2018).
2. Яглом И.М. Проблема тринадцати шаров. – Киев: Вища школа, 1975. – 84 с.
3. Смирнов В.И. Курс высшей математики. Т.1. / Изд-во «Наука», 1974. – 479 с.
4. Арестов В.В., Бабенко А.Г. О схеме Дельсарта оценки контактных чисел // Труды Мат. ин-та им. В.А. Стеклова РАН. – 1997. – Т. 219. – С. 44–73.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 560 с.
6. Ливенцев Н.И. Курс физики: для медвузов / Н.М. Ливенцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1966. – 519 с.

УДК 004.94

МЕТОДЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОТОКОВ В МНОГОПОТОЧНОМ ПРИЛОЖЕНИИ НА ЯЗЫКЕ C++

Раздобудов С.А., Мартышкин А.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

В статье приводятся методы синхронизации потоков в многопоточном приложении на языке C++. Основная возникающая трудность при написании программ для параллельных систем – синхронизация одновременно работающих потоков. Приводится довольно подробный обзор публикаций по теме исследования. Выделяют 4 общих типа синхронизации потоков в одном процессе или процессах в одном приложении: старт-старт, финиш-старт, старт-финиш и финиш-финиш. С помощью этих основных типов отношений можно описать координацию задач между потоками и процессами. Известен ряд программных инструментов, которые могут помочь программисту защитить разделяемые данные и сделать код потокобезопасным. Их называют примитивами синхронизации, среди которых наиболее распространенные – мьютексы, семафоры, условные переменные и спин-блокировки. Приводится подробное описание указанных примитивов синхронизации. Большую роль в многопоточном программировании играет, собственно, синхронизация потоков. В любой программе, функционирующей с несколькими потоками, есть ряд ресурсов, которые могут в конкретный момент времени работать только с единственным потоком. Невозможно пытаться избежать использования таких ресурсов в программе, а потому приходится задуматься над тем, как наиболее эффективно организовать совместную работу потоков для того, чтобы они не мешали друг другу. Основные методы синхронизации потоков работают так: пока один поток работает с ресурсом, другим потокам доступ к этому ресурсу закрывается. В конце работы приводятся основные результаты.

Ключевые слова: операционная система, многопоточность, язык программирования, многозадачность, процессор, поток, параллелизм, компилятор

METHODS FOR SYNCHRONIZING THREADS IN MULTITHREADED APPLICATION IN C++

Razdobudov S.A., Martyshkin A.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

This article provides methods for synchronizing threads in a multithreaded C++ application. The main difficulty that arises when writing programs for parallel systems is synchronization of concurrently running threads. A detailed review of the publications on the subject of the study is provided. There are four common types of thread synchronization in one process or processes in one application: start-start, finish-start, start-finish and finish-finish. These basic types of relationships can be used to describe the coordination of tasks between threads and processes. There are a number of software tools that can help a programmer protect shared data and make code thread-safe. They are called synchronization primitives, among which the most common are mutexes, semaphores, conditional variables, and spin locks. A detailed description of these synchronization primitives is provided. Synchronization of threads plays an important role in multithreaded programming. In any program that operates with multiple threads, there are a number of resources that can only work with a single thread at a given time. It is impossible to avoid the use of such resources in the program, and therefore we have to think about how to most effectively organize the joint work of flows in order that they do not interfere with each other. The basic methods for synchronizing threads work like this: while one thread is working on a resource, other threads are denied access to that resource.

Keywords: operating system, multithreading, programming language, multitasking, processor, thread, parallelism, compiler

С появлением вычислительной техники человек постоянно стремился повысить ее производительность. Это может быть достигнуто через непрерывное совершенствование аппаратной части вычислительной техники, путем повышения скорости ее работы. Или же через усовершенствование программного обеспечения.

Одной из главных задач современных операционных систем является эффективное использование ресурсов компьютера. При помощи многопоточности мы можем выделить в приложении несколько потоков, которые будут выполнять различные задачи одновременно.

Многопоточный режим работы представляет новые возможности программистам, за которые приходится расплачиваться

усложнением процесса проектирования приложения и отладки. Основная возникающая трудность – синхронизация одновременно работающих потоков.

Все дело в том, что, как правило, в любой многопоточной программе есть ряд ресурсов, которые могут в данный момент времени работать только с одним-единственным потоком. Эти ресурсы могут быть разными. Это могут быть файлы, коллекции объектов, последовательные порты и многое другое. Пытаться избежать использования ресурсов такого рода в своей программе невозможно, а потому приходится озаботиться тем, как наиболее эффективно организовать совместную работу потоков для того, чтобы они не мешали друг другу. Как правило, это решается очень просто: пока один поток ра-

ботает с каким-либо ресурсом, другим потокам доступ к этому ресурсу закрывается. Вот именно на этой простой идее и основана синхронизация потоков.

На сегодняшний день, объем литературы, написанной по языку программирования C++, невероятно огромен. Каждый найдет для себя подходящий учебник по языку, вне зависимости от его уровня владения им. Стоит отметить книгу [1], написанную непосредственно автором языка C++ и являющуюся наиболее авторитетным и каноничным изложением возможностей, предоставляемых языком программирования. На страницах этой книги найдутся доказавшие свою эффективность подходы к решению разнообразных задач проектирования и программирования, а также примеры, демонстрирующие как высокий стиль программирования на ядре C++, так и современный объектно-ориентированный подход к созданию программных продуктов.

Учебник [2] представляет необходимые сведения для работы на многопроцессорной системе. В нем уделяется большое внимание практическим вопросам создания параллельных программ.

Книга [3] рассказывает о поддержке многопоточности в C++. Она включает в себя описания библиотеки потоков,

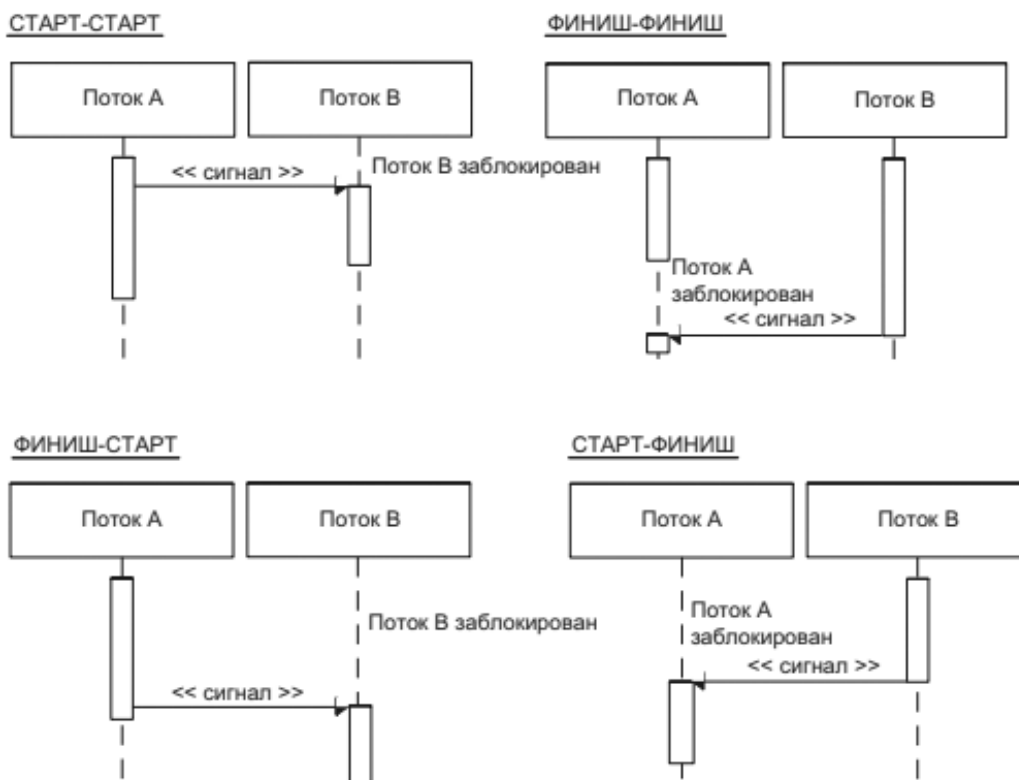
atomics-библиотеки, модели памяти C++, блокировок и мьютексов (взаимных исключений) вместе с распространенными проблемами дизайна и отладки многопоточных приложений.

Также значимый вклад в понимание многопоточности и многопоточного программирования привносят online курсы, которые без труда можно найти в интернете.

Так, в курсах «Принцип многопоточного программирования» и «Основы разработки на C++» рассматривается в контексте разработки сетевых и высоконагруженных систем. Главной целью данных курсов является обучение межпроцессному взаимодействию (IPC) и синхронизации потоков.

Методы синхронизации необходимы в случае, когда имеет место параллелизм – ситуация, при которой одновременно выполняется два или более потока, имеющие возможность потенциального взаимодействия друг с другом.

Выделяют 4 общих типа (рисунок) синхронизации любых двух потоков в одном процессе или любых двух процессов в одном приложении: старт-старт, финиш-старт, старт-финиш и финиш-финиш. С помощью этих базовых типов отношений можно описать координацию задач между потоками и процессами.



Возможные варианты синхронизации потоков/процессов

Синхронизация типа старт-старт. Одна задача может начаться раньше другой, но не позже.

Синхронизация типа финиш-старт. Задача А не может завершиться до тех пор, пока не начнется задача В. Этот тип отношений типичен для процессов типа родитель-потомок.

Синхронизация типа старт-финиш может считаться обратным вариантом синхронизации типа финиш-старт.

Синхронизация типа финиш-финиш. Одна задача не может завершиться до тех пор, пока не завершится другая, т.е. задача А не может финишировать до задачи В.

Существует ряд программных инструментов, которые могут помочь разработчику защитить разделяемые данные и сделать код потокобезопасным, их называют примитивами синхронизации, среди которых наиболее распространенные – мьютексы, семафоры, условные переменные и спин-блокировки [4–7]. Все они защищают часть кода, давая только определенному потоку право получать доступ к данным и блокируя остальные.

Семафор – это переменная особого типа, которая может изменяться с положительным или отрицательным приращением, но обращение к переменной в ответственный момент всегда атомарно даже в многопоточных программах. Это означает, что, если два или несколько потоков в программе пытаются изменить значение семафора, система гарантирует, что все операции будут на самом деле выполняться одна за другой.

Семафоры лучше всего представлять себе как счетчики, управляющие доступом к общим ресурсам. Чаще всего они используются как блокирующий механизм, не позволяющий одному процессу захватить ресурс, пока этим ресурсом пользуется другой.

Мьютекс (взаимоисключение, mutex) – примитив синхронизации, устанавливающийся в особое сигнальное состояние, когда не занят каким-либо потоком. Только один поток владеет этим объектом в любой момент времени, отсюда и название таких объектов – одновременный доступ к общему ресурсу исключается.

Задача мьютекса – обеспечить такой механизм, чтобы доступ к объекту в определенное время был только у одного потока. Если поток 1 захватил мьютекс объекта А, остальные потоки не получат к нему доступ, чтобы что-то в нем менять. До тех пор, пока мьютекс объекта А не освободится, остальные потоки будут вынуждены ждать.

C++ предоставляет нам 3 типа операций над базовыми мьютексами [8]:

1. `lock` – если мьютекс не принадлежит никакому потоку, тогда поток, вызвавший `lock`, становится его обладателем. Если же некий поток уже владеет мьютексом, то текущий поток (который пытается овладеть им) блокируется до тех пор, пока мьютекс не будет освобожден и у него не появится шанса овладеть им.

2. `try_lock` – если мьютекс не принадлежит никакому потоку, тогда поток, вызвавший `try_lock`, становится его обладателем и метод возвращает `true`. В противном случае возвращает `false`. `try_lock` не блокирует текущий поток.

3. `unlock` – освобождает ранее захваченный мьютекс.

Условные переменные, позволяют блокировать один или более потоков, пока либо не будет получено уведомление от другого потока, либо не произойдет «ложное/случайное пробуждение».

Есть две реализации условных переменных, доступных в заголовке:

1. `condition_variable`: требует от любого потока перед ожиданием сначала выполнить `std::unique_lock`;

2. `condition_variable_any`: более общая реализация, которая работает с любым типом, который можно заблокировать. Эта реализация может быть более дорогим (с точки зрения ресурсов и производительности) для использования, поэтому ее следует использовать только если необходима те дополнительные возможности, которые она обеспечивает.

Спин-блокировки представляют собой чрезвычайно низкоуровневое средство синхронизации, предназначенное в первую очередь для применения в многопроцессорной конфигурации с разделяемой памятью. Они обычно реализуются как атомарно устанавливаемое булево значение. Аппаратура поддерживает подобные блокировки командами вида «проверить и установить».

При попытке установить спин-блокировку, если она захвачена кем-то другим, как правило, применяется активное ожидание освобождения, с постоянным опросом в цикле состояния блокировки. Естественно, при этом занимается процессор, так что спин-блокировки следует устанавливать только на очень короткое время и их владелец не должен приостанавливать свое выполнение.

Основным достоинством и одновременно недостатком спин-блокировки является отсутствие переключения контекста выполнения, однако при этом происходит активное использование процессора что не всегда оправдано.

В заключение можно сказать, что многопоточность играет огромную роль в современном программировании. Эта тема настолько объемна и многогранна, что охватить ее всю не представляется возможным.

Немалую роль в многопоточном программировании играет синхронизация потоков. В любой многопоточной программе есть ряд ресурсов, которые могут в данный момент времени работать только с одним-единственным потоком. Невозможно пытаться избежать использования таких ресурсов в своей программе, а потому приходится озаботиться тем, как наиболее эффективно организовать совместную работу потоков для того, чтобы они не мешали друг другу.

Большинство методов синхронизации потоков сводится к одной простой схеме: пока один поток работает с каким-либо ресурсом, другим потокам доступ к этому ресурсу закрывается. Именно благодаря данной концепции и появились такие программные примитивы как мьютексы, семафоры, условные переменные и спин-блокировки.

Список литературы

1. Старченко А.В., Данилкин Е.А., Лаева В.И., Проханов С.А. Практикум по методам параллельных вычислений. – М.: Изд-во Московского университета, 2010. – 200 с.
2. Страуструп Б. Язык программирования C++ / Бинном, 2015. – 1136 с.
3. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++, 2004. – 672 с.
4. Бикташев Р.А., Мартышкин А.И. Комплекс программ для измерения производительности функций операционных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 10 (14). – С. 190–197.
5. Мартышкин А.И. Математическое моделирование и оценка производительности средств синхронизации процессов в многопроцессорных системах // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету: статті учасників другої міжнародної мультидисциплінарної конференції, 2016. – С. 151-157.
6. Мартышкин А.И. Планирование и диспетчеризация задач в высокопроизводительных системах: монография. – Пенза: Издательство Пензенского государственного технологического университета, 2016. – 135 с.
7. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С., Полетаев Д.А. Методы планирования и модели для оценки производительности средств синхронизации взаимодействующих процессов в параллельных вычислительных системах // Современные социально-экономические процессы: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей III Международной научно-практической конференции: в 2 ч., 2017. – С. 37-40.
8. Уильямс Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ / ДМК Пресс, 2014. – 672 с.

УДК 681.325.5

ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

Ракита А.В., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: balandarik@mail.ru

В работе выполнен обзор существующих устройств электропитания электрических приборов, которые являются источниками вторичного электропитания. Показано, что источниками первичного электропитания являются промышленная сеть 220 В с частотой 50 Гц., солнечные батареи, ветрогенераторы, а для подвижных объектов используются дизель-генераторы и автомобильные генераторы электроэнергии постоянного тока напряжением 27 В. Показаны задачи, решаемые источниками вторичного электропитания – они достаточно обширны. Важную роль, при этом, играют средства управления для реализации широкого спектра функций и параметров источников вторичного электропитания, при этом используется современная элементная база в виде микроконтроллеров. В сравнительном плане выделяются 2 основных вида источников электропитания: трансформаторный и импульсный источники вторичного электропитания. Отмечается, что наиболее эффективными и перспективными являются импульсные источники вторичного электропитания, основой которых является ключевая схема, формирующая импульсную последовательность с частотой переключения на 2 порядка выше, чем промышленная сеть 220 В, которая имеет частоту 50 Гц. При этом для формирования требуемых напряжений используется импульсный трансформатор, имеющий существенно меньшие размеры и меньшую материалоёмкость. Показаны достоинства и недостатки этих видов источников электропитания.

Ключевые слова: источники вторичного электропитания, генераторы электропитания подвижных объектов, микроконтроллеры, трансформаторный источник электропитания, импульсный трансформатор

RADIANTS OF THE SECONDARY POWER SUPPLIES WITH MICROCONTROLLER CONTROL ON MOBILE PLANTS

Rakhita A.V., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: balandarik@mail.ru

In work the review of existing devices of the power supplies of electrical gears is carried out which are radiants of the secondary power supplies. Is shown, that radiants of the primary power supplies are an industrial web 220 V and frequency of 50 Hz., the solar batteries, and for mobile plants are used a diesel engine – generator and the automobile generators of the electric power (electrical energy) of a direct current by voltage 27 V. are shown the tasks solved by radiants of the secondary power supplies – they are rather extensive. The important role, thus, is played by (with) controlling means for a realization of a broad spectrum of functions and parameters of radiants of the secondary power supplies, thus the modern element basis (on the basis of) as microcontrollers is used. In a comparative plan 2 basic aspects of radiants of the power supplies are selected: transformer and impulse radiants of the secondary power supplies. It is marked, that most effective and perspective are the impulse radiants of the secondary power supplies, which basis is the key circuit (scheme) forming an impulse sequence with frequency of switching on 2 order higher, than the industrial web 220 V, which has frequency of 50 Hz. Thus for shaping required (demanded) voltages the impulse transformer having essentially smaller sizes and smaller materialоёмкость is used. The virtues and shortages of these aspects of radiants of the power supplies are shown.

Keyword: radiants of the secondary power supplies, generators of the power supplies of mobile plants, microcontrollers, transformer radiant of the power supplies, impulse transformer

Основой российской энергосистемы является трехфазная сеть. Фазное – это напряжение между одним из линейных проводов и нейтральным, так же называемым нулевым проводом электросети. Фазное напряжение электросети в России – 220 В. Для обеспечения электропитания всех электрических приборов применяются источники вторичного электропитания (ИВЭП) – устройства, обеспечивающие питание электроприборов в соответствии с требованиями параметров: напряжение, сила тока, и т.д. путем преобразования электроэнергии других источников питания (промышленная сеть, солнечные батареи, ветрогенераторы) [1]. Источники электропитания бывают нескольких видов:

– интегрированные в микросхему – применяются в местах, где недопустимо незначительное падение напряжения, например, в системной плате компьютера используются встроенные преобразователи напряжения для питания процессора;

– выполненные в виде отдельного модуля – блоки питания, стойки электропитания ; – промышленные – трансформаторы находящиеся в цехе электропитания.

Источники вторичного электропитания выполняют несколько задач [2]:

– обеспечение передачи тока заданной мощности;

– преобразование формы напряжения – например из переменного в посто-

янное для электропитания конечного электронного устройства;

- преобразование величины напряжения – повышение или понижение напряжения;

- стабилизация параметров при влиянии различных дестабилизирующих факторов;

- защита – в случае, например, какой либо неисправности, или защита от прохождения тока пути непредусмотренному работчиком;

- регулировка – во время эксплуатации электроприбора может быть необходимо изменить параметры электропитания для правильной работы прибора;

- управление самим источником электропитания (включение или выключение), управление параметрами выходного напряжения, силы тока и т.д., при этом, управление может быть непосредственным, дистанционным и программным, когда регулировка параметров выполняется с наступлением определенных событий;

- контроль параметров – отображение всех параметров на входе и на выходе источника, включение или отключения цепей, срабатывания защиты и отображение недопустимых параметров, при этом контроль может осуществляться непосредственно с корпуса источника, либо дистанционно, например, от ЭВМ.

Управление ИВЭП может быть аналоговым и цифровым. Аналоговое управление – устаревшая технология, требующая огромных затрат и ограниченная в своем функционале. Цифровое – современное средство управления различными приборами, в том числе и ИВЭП. Использование микроконтроллера (МК) в управляющей схеме позволяет решить множество задач с минимальным количеством затрат на комплектующие элементы [3,4]. В МК на одном кристалле размещается высокопроизводительный процессор, а так же память и набор периферийных схем, которые позволяют с минимальными затратами реализовать огромный функционал необходимый для создания устройств различного типа и назначения.

В отличие от обычных микропроцессоров, применяемых, например, в персональной ЭВМ, работающих с помощью внешних интерфейсных схем, однокристалльный МК содержит в своем корпусе вспомогательные узлы, такие как тактовый генератор, цифро-аналоговый и аналого-цифровой преобразователи, таймер, контроллер прерываний, порты ввода-вывода. Благодаря этим качествам, однокристалльные МК находят применение во многих сферах промышленной автоматики, контрольно измерительных

приборах, автомобильной электронике, бытовой технике, медицинском оборудовании и во многом другом. Однокристалльные МК используются в источниках вторичного электропитания для выполнения множества задач.

Исходными источниками электропитания на подвижных объектах являются:

- промышленная сеть с напряжением 380В переменного тока частоты 50Гц, при этом подвижный объект должен находиться в стационарном состоянии;

- дизель-генераторы, которые транспортируются за подвижным объектом;

- авто-генераторы, которые включены в состав подвижного объекта.

Особенностью источников вторичного электропитания, используемых на подвижных объектах, является формирование постоянного тока напряжением 27 В. При этом мощность, выделяемая на нагрузке, существенным образом зависит от функционального назначения приборов и устройств, работающих в составе подвижного объекта.

Современный источник вторичного электропитания кроме основной функции – формирования электрического напряжения постоянного тока 27В, должен обеспечивать следующие сервисные функции: цифровой контроль выходного напряжения на индикаторе; контроль превышения допустимых параметров входного тока; контроль недостаточного входного напряжения; контроль короткого замыкания; аварийное отключение источника в случае короткого замыкания, превышения допустимых параметров входного тока, недостаточного входного напряжения; индикацию причины аварийного отключения источника вторичного электропитания. На основе информации, приведенной в работе [5], можно выделить 2 основных вида источников электропитания: трансформаторный и импульсный источники вторичного электропитания.

Трансформаторный источник электропитания – источник электропитания, который изменяет структуру напряжения за счет работы силового трансформатора, питающегося от бытовой сети, в котором происходит понижение амплитуды синусоидального напряжения, направляемого далее на выпрямительное устройство, состоящее из силовых диодов, включенных, как правило, по схеме моста. После этого пульсирующее напряжение сглаживается параллельно подключенным конденсатором, подобранном по величине допустимой мощности, и стабилизируется полупроводниковой схемой с силовыми транзисторами.

Схема простейшего трансформаторного источника электропитания показана на рис. 1.

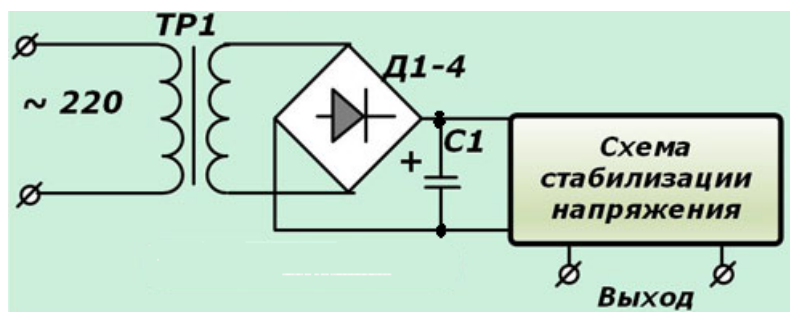


Рис. 1. Схема трансформаторного блока питания

Но у такой простой конструкции существует несколько минусов таких как: большие габариты и вес, пропорциональные мощности трансформатора (для передачи большей мощности пропускаемой трансформатором необходимо большее количество витков намотанных на катушке, следовательно, размер и вес будет увеличиваться); металлоёмкость; компромисс между снижением коэффициента полезного действия и стабильностью выходного напряжения (для обеспечения стабильного напряжения на выходе требуется стабилизатор, вносящий дополнительные потери мощности). Но, не смотря на эти минусы, до сих пор при питании аппаратуры, чувствительной к создаваемым источником вторичного электропитания, применяются трансформаторные БП.

Импульсный источник – блок питания, являющийся ключевой системой. В таких источниках питания входное переменное напряжение сначала преобразуется в постоянное. В свою очередь, полученное напряжение видоизменяется в прямоугольные импульсы повышенной частоты и определенной скважности, либо подаваемых на трансформатор, либо напрямую на фильтр нижних частот. Обратная связь позволяет поддерживать выходное напряжение на относительно постоянном уровне вне зависимости от колебаний входного напряжения и величины нагрузки.

Импульсные источники электропитания имеют [5]: меньший вес; меньшую стоимость; широкий диапазон питающего напряжения и частоты; встроенную защиту цепей от различных непредвиденных ситуаций, например от короткого замыкания и от отсутствия нагрузки на выходе. Недостатки импульсных источников электропитания заключаются в следующем: работа основной части схемы без гальванической развязки от сети; все импульсные блоки питания являются источником высокочастотных помех, поскольку это связано с принципом их работы. Для понижения помех на выходном сигнале требуется предпринимать дополнительные меры помехоподавления, ограничение на минимальную мощность нагрузки [6]. Схема импульсного источника электропитания показана на рис. 2.

На силовых диодах VD1–VD4 собран выпрямитель, формирующий постоянное напряжение. Транзистор VT1 работает в ключевом режиме, формируя импульсную последовательность, подаваемую на импульсный трансформатор Tr1. Размеры Tr1 существенно меньше сетевых силовых трансформаторов, работающих на частоте 50 Гц (рис. 1).

С помощью вторичных обмоток импульсного трансформатора формируется набор требуемых напряжений.

Разница в количестве радиопомех видна на осциллограмме, приведенной на рис. 3.

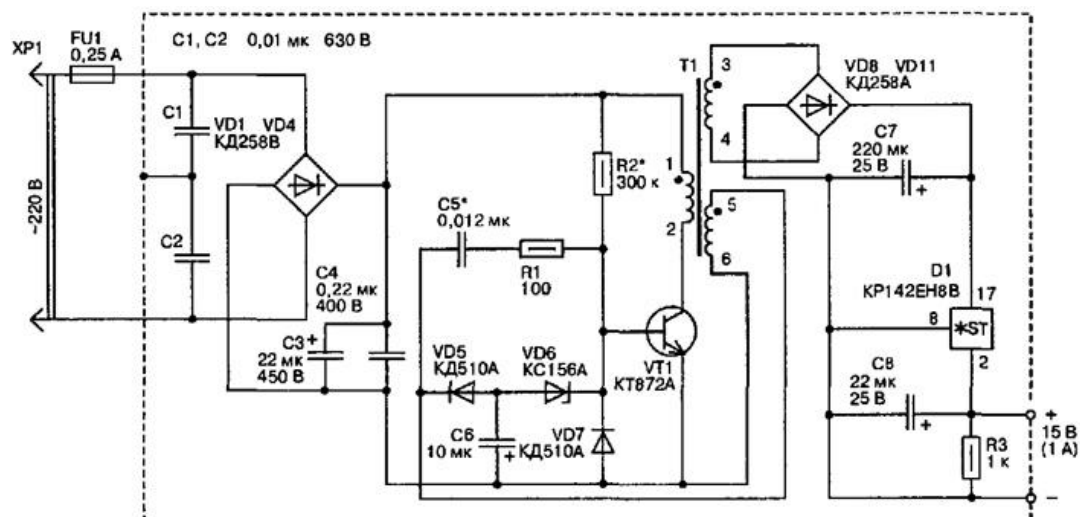


Рис. 2. Схема импульсного блока питания

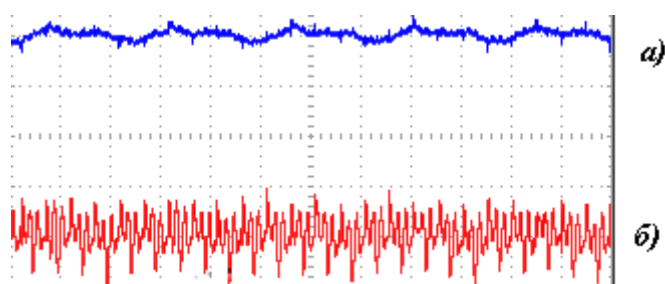


Рис. 3. Осциллограмма выходного сигнала трансформаторного источника питания (а) и импульсного источника питания (б)

Список литературы

1. Федорова А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / А.А. Федорова. – М.: Изд-во Энергоатомиздат, 2012. – 592 с.
2. Березин О. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры: учебное пособие. / О. Березин, В. Костиков. – М.: Изд-во КноРус, 2010. – 536 с.
3. Белов А.В. Создаём и строим устройства на микроконтроллерах: учебное пособие. / А.В. Белов. – СПб.: Изд-во Наука и техника, 2008. – 307 с.

4. Васильев А.Е., Микроконтроллеры: разработка встраиваемых приложений: учебное пособие. / А.Е. Васильев. – СПб.: Изд-во «БХВ-Петербург», 2008. – 475 с.

5. Подгорный В. Источники вторичного электропитания: учебное пособие. / В. Подгорный, Е. Семенов. – М.: Изд-во Горячая Линия – Телеком, 2015. – 150 с.

6. Лаврентьев Б.Ф. Схемотехника электронных средств: учебное пособие / Б.Ф. Лаврентьев. – М.: Изд-во Академия, 2010. – 308 с.

УДК 681.5.01:658.512.2.011.56 ББК 30

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Супотницкий Е.С., Курносков В.Е., Андреева Т.В.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,
e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru*

Предлагается способ решения задач топологической оптимизации конструкций. Приведено описание модели области проектирования. Используется дискретная логико-математическая модель для представления формы конструкции в области проектирования. Описание топологии конструкции выполнено на основе переменных импликативной алгебры выбора Л.И. Волгина. Переменные импликативной алгебры выбора введены как переменные проектирования и для описания топологии конструкции. Рассмотрены различные алгоритмы решения задач топологической оптимизации. Представлены математические выражения для топологической оптимизации на основе введения удаления и перераспределения материала. Рассмотрен способ формирования топологии конструкции в области проектирования. Разработан метод автоматического формирования системы уравнений для вычисления механических напряжений и деформаций при статических воздействиях. Используется вариационная формулировка метода конечных элементов. Показано решение задачи топологической оптимизации в области проектирования. Заданы механические воздействия. Напряженно-деформированное состояние вычисляется по результатам решения дифференциальных уравнений теории упругости. Топологическая оптимизация выполняется по энергии деформации материала. Цель решения состоит в выравнивании распределения энергии деформации по объему материала и в получении оптимальной топологии конструкции. Предлагаемый способ решения задач топологической оптимизации позволяет решать задачи оптимального проектирования конструкций по заданным механическим и тепловым воздействиям.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, информационные технологии, численные методы, вариационная формулировка, метод конечных элементов, метод конечных разностей, область проектирования, анализ синтез, дискретные модели, тепловое поле, механические напряжения

TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF DESIGNS IN THE FIELD OF DESIGNING

Supotnitsky E.S., Kurmosov V.E., Andreyeva T.V.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru

The way of a problem solving of topological optimisation of designs is offered. The description of model of area of designing is resulted. The discrete logical-mathematical model for representation of the form of a design in the field of designing is used. The exposition of topology of a design is fulfilled on the basis of variables of implicative algebra of a choice of L.I. Volgin. Variables of implicative algebra of a choice are introduced as variable projections and for exposition of topology of a design. Various algorithms of a solution of problems of topological optimisation are considered. Mathematical expressions for topological optimisation on the basis of introduction of removal and material disproportionation are presented. The mode of shaping of topology of a design in the field of designing is considered. The method of automatic formation of system of the equations is developed for scaling of mechanical strains and deformations at static affectings. The variation statement of a finite element method is used. The solution of a problem of topological optimisation in the field of designing is shown. Mechanical actions are set. The is intense-deformed condition is calculated by results of a solution of differential equations of the theory of elasticity. Topological optimisation is fulfilled on energy of a strain of a material. The solution purpose consists in smoothing of distribution of energy of a strain on volume of a material and in deriving of optimum topology of a design. The offered way of a problem solving of topological optimisation allows to solve problems of optimum structural design on the set mechanical and thermal affectings.

Keywords: topological optimisation, information technology, numerical methods, a variation statement, a finite element method, a method of finite differences, designing area, the analysis synthesis, discrete models, a thermal field, mechanical strains

Задачи оптимизации топологии или вычисления формы конструкций актуальны ввиду целесообразности снижения материалоемкости и повышения конкурентоспособности изделий различного значения. В связи с этим проводятся теоретические и прикладные исследования в области оптимизации формы и структуры конструкций [1, 2].

Совершенствуются математические модели и методы топологической оптимизации для решения прикладных задач по обеспечению несущей способности конструкций на этапе проектирования. Рациональное ис-

пользование конструкционных материалов имеет существенное значение для многих изделий, например, авиационно-космической и автомобильной промышленности, машиностроения и др.

Эффективность методов топологической оптимизации подтверждается возможностью вычисления классических конструктивных форм, таких как арок, кронштейнов, упоров, других. Решения могут быть найдены на основе обоснования методов распределения материала в выбранной области в соответствии с конструктивными, техно-

логическими и эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к конструкции.

В работах [3, 4] предлагается модель области допустимого распределения материала, которая определена как область проектирования. Исследование состояния конструкций проводится по результатам решения уравнений математической физики, например, уравнений Ламе теории упругости или уравнения теплопроводности Фурье на основе конечно-элементной или конечно-разностной аппроксимации.

В наиболее общей постановке оптимизация формы состоит в определении наличия или отсутствия материала в каждой точке области проектирования. Для неоднородных конструкций характеристики материала являются функциями координат.

При дискретизации области проектирования с применением метода конечных элементов или метода конечных разностей, в отличие от традиционного подхода, предполагается, что каждый элемент объема может быть как «пустым», так и «заполненным материалом». Топология конструкции формируется «заполненными элементами объема области проектирования».

Такая постановка приводит к дискретной оптимизационной задаче. Поэлементный анализ состояния материала позволяет организовать целенаправленный пошаговый итерационный процесс оптимизации топологии конструкции в области проектирования. Может иметь место «перераспределение» материала по элементам объема, «введение или удаление материала».

Подход к проектированию топологии на основе поэлементного анализа и перераспределения материала может рассматриваться как процесс изменения выбранной исходной топологии неоптимальной конструкции или заготовки изделия, при избыточном или недостаточном объеме используемого материала.

Координаты узлов сеточной модели при топологической оптимизации с применением метода конечных элементов могут быть фиксированными или могут являться переменными проектирования. Это приводит к целенаправленному формированию в процессе решения задачи, как топологии модели конструкции, так и топологии области проектирования.

Исследования в области топологической оптимизации и топологического синтеза конструкций, несущих механическую нагрузку, основаны на методах и положениях прикладной механики, вариационной формулировки метода конечных элементов, численных методах решения задач теории упругости.

Методы топологической оптимизации и автоматического топологического синтеза структуры не исключают творческого подхода к проектированию конструкций различных изделий. Данные для постановки и решения задач топологической оптимизации на этапе проектирования формируются по результатам прогнозирования возможных воздействий при эксплуатации изделия.

Способ построения модели конструкции показан на рис. 1. Модель строится в области проектирования D размером $l_1 \times l_2 \times l_3$

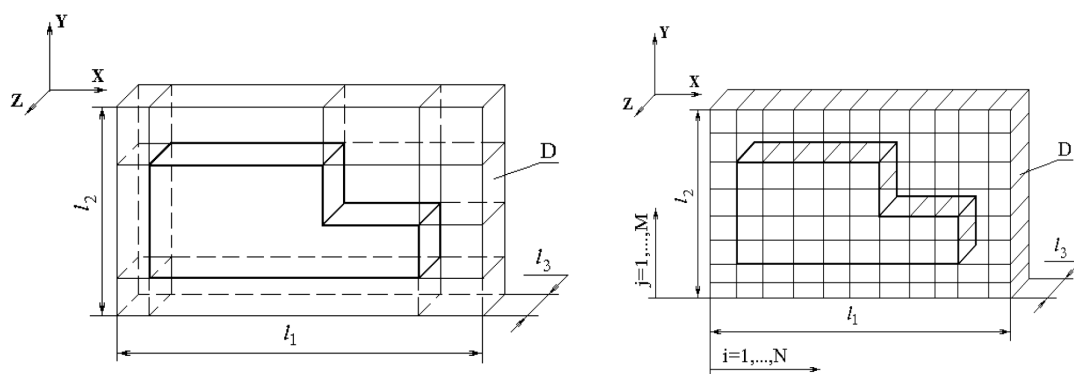


Рис. 1. Построение модели конструкции в области проектирования

В рассматриваемом случае область проектирования D разбивается на прямоугольные элементы объема. Положение каждого элемента E_{ij} размером $h_{xi} \times h_{yj} \times h_z$ задается целочисленными координатами i, j ; $i=1, \dots, N, j=1, \dots, M$.

Для элемента объема E_{ij} вводится переменная α_{ij} , характеризующая «наличие» или «отсутствие» материала. При решении задач топологической оптимизации переменные α являются переменными проектирования. Модель конструкции представлена распределением материала по элементам объема.

В качестве переменных распределения материала α_{ij} целесообразно использовать переменную импликативной алгебры выбора (ИАВ) Волгина Л.И. [5]. Для операций ИАВ допускается как логическая, так и алгебраическая форма записи. Введение переменных ИАВ для построения модели в области проектирования позволяет реализовать различные способы формирования конструкций. Способ построения геометрического описания каркаса в области проектирования основе удаления материала $\Omega_{R2} = \Omega_S \setminus \bigcup_j \Omega_j$ показан на рис. 2.

Топологическая оптимизация конструкции при механических воздействиях осуществляется по результатам исследования напряженно-деформированного состояния и распределения нагрузки по объему ма-

териала. В зависимости от предъявляемых эксплуатационных требований, технологических ограничений оптимизация осуществляется с целью снижения массы конструкции, обеспечения необходимой жесткости или прочности при заданном объеме используемого материала, предотвращения возможного разрушения или потери работоспособности.

Нагрузка материала оценивается путем сопоставления значения некоторой физической величины, например, энергии деформации или энергии формоизменения, характеризующей состояние материала при заданных воздействиях, и предельно допустимого для материала значения.

Нагрузка материала оценивается путем сопоставления значения некоторой физической величины, характеризующей состояние материала при заданных воздействиях, и предельно допустимого для материала значения. В зависимости от характеристик материала используется оценка состояния по энергии деформации, энергии формоизменения, максимальным нормальным или касательным напряжениям.

В общем случае при заданных внешних воздействиях нагрузка по объему материала распределена неравномерно. При этом преобразование формы выполняется с целью выравнивания ее распределения по объему материала.

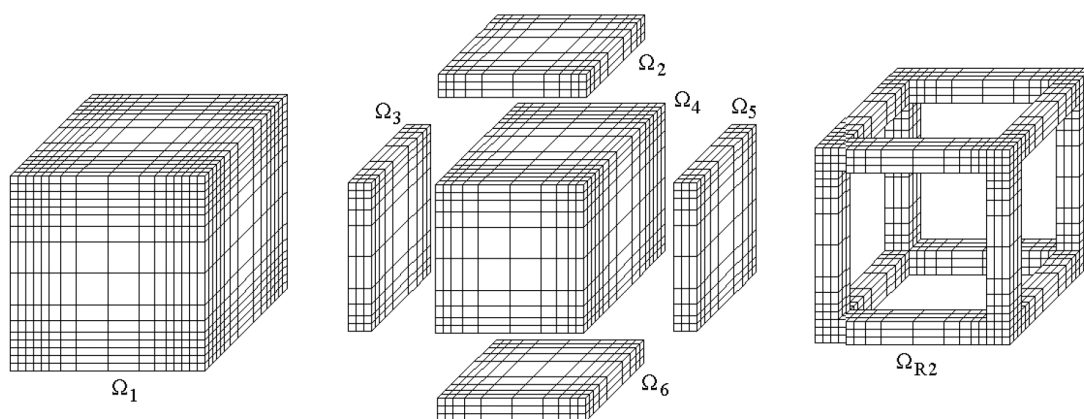


Рис. 2. Формирование геометрического представления конструкции в области проектирования на основе удаления материала

При представлении формы конструкции в виде взаимосвязанных «пустых» и «заполненных материалом» элементов объема, ее топологическая оптимизация может быть проведена на основе различных алгоритмов. Может иметь место многократное целенаправленное «введение материала» в «пустые» элементы объема, «удаление материала» из «заполненных» или «перераспределение» материала по элементам объема. В первом случае преобразование приводит к увеличению массы конструкции, во втором – к ее уменьшению. При перераспределении материала масса конструкции не изменяется.

Пусть выбрана прямоугольная область проектирования со сторонами l_1, l_2

$$G = \{0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2\}, \quad (1)$$

и прямоугольными элементами объема, размеры которых h_{xi}, h_{yj}, h_z определяются сеткой ω_h и толщиной пластины h_z . В этом случае

$$l_1 = \sum_{i=1}^N h_{xi}; \quad l_2 = \sum_{j=1}^M h_{yj}. \quad (2)$$

В области проектирования имеем $D = \{d_1, \dots, d_{Ne}\}$, $N_e = N \times M$ элементов объема. Если $P = \{p_1, \dots, p_{Ne}\}$ – признаки наличия материала и $p_e \in \{0, 1\}$, можно выделить подмножества R «пустых» и M «заполненных материалом» элементов объема:

$$M = \{d_e \mid p_e = 1\}; \quad (3)$$

$$R = \{d_e \mid p_e = 0\}; \quad (4)$$

$$m(M) + m(R) = NM = N_e. \quad (5)$$

Изменение формы конструкции на k -м шаге преобразования при «введении материала» соответствует перераспределению:

$$m(M_k) = m(M_{k-1}) + m(\bar{M}_{k-1}); \quad (6)$$

$$m(R_k) = m(R_{k-1}) - m(\bar{M}_{k-1}). \quad (7)$$

Здесь: $m(M_k), m(R_k), m(M_{k-1}), m(R_{k-1})$ – количество «заполненных материалом» и «пустых» элементов объема; $m(\bar{M}_{k-1})$ и $m(\bar{R}_{k-1})$ – количество «пустых» элементов, «заполняемых материалом».

Аналогично, «удаление материала» соответствует соотношениям:

$$m(R_k) = m(R_{k-1}) + m(\bar{R}_{k-1}); \quad (8)$$

$$m(M_k) = m(M_{k-1}) - m(\bar{R}_{k-1}). \quad (9)$$

При перераспределении материала на шаге преобразования $k-1$ материал «вводится» в $m(\bar{M}_{k-1})$ элементов объема и из $m(\bar{R}_{k-1})$ элементов «удаляется».

По объемам «вводимого» $m(\bar{M}_{k-1})$ и «удаляемого» $m(\bar{R}_{k-1})$ материала могут быть выбраны различные алгоритмы топологической оптимизации конструкций.

Вектор переменных ИАВ

$$\mathbf{P} = [p_1, \dots, p_N]^T$$

определяет «распределение» материала по элементам объема области проектирования. Тогда на k -м шаге преобразования формы конструкции возможно введение или удаление материала, что соответствует преобразованию вектора переменных ИАВ

$$\mathbf{P}^k = \mathbf{Q}^k \mathbf{P}^{k-1}. \quad (10)$$

Здесь $\mathbf{Q}^k$ – матрица преобразования.

Для задач исследования температурных полей, напряженно-деформированного состояния, функционал, определяющий решение, может быть записан в виде [6]:

$$\chi = F(A) = \frac{1}{2} \iint_{D_r} \left[\left(\frac{dA}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dA}{dy} \right)^2 \right] dx dy - \iint_{D_r} f(A) dx dy. \quad (11)$$

Здесь область интегрирования D_r есть область решения в области проектирования. При формировании области интегрирования просматриваются все элементы области проектирования, но выделяются только относящиеся к области решения, что позволяет получить соотношение

$$\chi = \frac{1}{2} A^T M A - F^T A. \quad (12)$$

Минимизация функционала достигается при значениях A_p , $i = 1, \dots, NN$, $i \neq ip$, являющихся решением линейной системы $MA = F^T$. Получены соотношения, позволяющие автоматически формировать матрицу жесткости конструкции по матрицам жесткости элементов, «заполненных» материалом.

На рис. 3 показано решение задачи топологической оптимизации [7]. Заданы исходная форма нагруженной конструкции и силовое воздействие. Выделен объем ненагруженного материала. Вычисление формы элемента несущей конструкции основано на целенаправленном пошаговом формировании границ области решения краевой задачи. Многократно вычисляется и исследуется напряженно-деформированное состояние и энергия деформации материала конструкции.

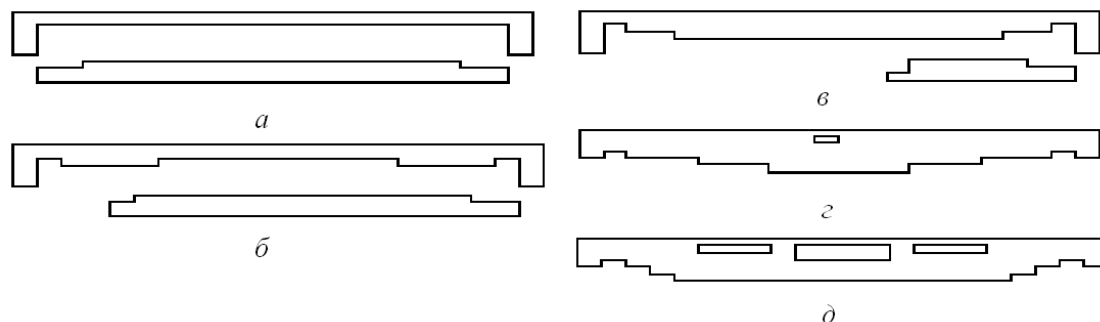


Рис. 3. Топологическая оптимизация конструкции при заданном нагружении и выделенном допустимом для перераспределения объеме материала:
а – исходная форма конструкции, несущая распределенную нагрузку; б, в – перераспределение выделенного объема; г, д – результаты топологической оптимизации конструкции

Построение и применение логико-математических моделей на основе ИАВ и уравнений в частных производных открывает направления теоретических исследований и практической деятельности по созданию конкурентных программных средств автоматического проектирования наукоемких изделий. Предлагаемый подход к моделированию позволяет расширить классы решаемых задач оптимального проектирования конструкций по заданным статическим и динамическим воздействиям.

Список литературы

1. Bendsoe, Martin P.: Topology optimization: theory, methods and applications / M.P. Bendsoe; O. Sigmund. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2004 (Engineering online library). – 370 p.
2. Курносов, В. Е. Логико-математические модели в задачах проектирования электронной аппаратуры и приборов: Монография / В.Е. Курносов, В.И. Волчихин, В.Г. Покровский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2016. – 148 с.

3. Курносов В.Е. Эволюция формы – не имеющий аналогов метод синтеза конструкций / В.Е. Курносов. – Технический прогресс в атомной промышленности. Серия: Организация производства и прогрессивная технология в приборостроении. – Вып. 7 – 8. – М.: 1990. – С. 51.

4. Курносов В.Е. Теория и методы оптимального проектирования устройств радиотехники и связи на основе эволюционных дискретных моделей: Автореф. дис. докт. техн. наук / В.Е. Курносов. – Пенза: ПГУ, 1999. – 48 с.

5. Волгин Л.И. Импликативная алгебра выбора как основа информационных технологий и систем управления в континуальной области / Л.И. Волгин, А.Б. Климовский, А.И. Зарукин // Чебышевский сборник. Т.IV. Вып. 1(5): Труды V Международной конференции «Алгебра и теория чисел: современные проблемы и приложения». – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2003. – С. 61–65.

6. Сабоннадьер Ж.К. Метод конечных элементов и САПР / Ж.К. Сабоннадьер, Ж.Л. Кулон; пер. с франц. – М.: Мир, 1989. – 190 с.

7. Курносов В.Е. Метод конечных элементов в эволюционном моделировании формы конструкций РЭС / В.Е. Курносов // Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Сб. докладов международной конференции. – Часть 1. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1996. – С. 125–126.

УДК 519.872

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ И РАБОЧЕЙ НАГРУЗКОЙ В АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Терешкин Д.О., Мартышкин А.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Статья посвящена решению задач описания и подбора исходных параметров математических моделей вычислительных систем с виртуализацией под конкретные классы задач, адаптации применяемых систем и сетей массового обслуживания для исследования и расчета моделей вычислительных систем с виртуализацией, а также вопросов, связанных с управлением ресурсами и рабочей нагрузкой виртуальных серверов. Анализ современных работ по тематике статьи позволяет отметить, что в мировой практике для получения результатов в задачах проектирования применяют аналитические методы, требующие меньше ресурсов и позволяющие решать важные задачи анализа и оптимизации параметров. Процедуры принятия решений в реальных вычислительных системах срабатывают на основе заданных оператором политик управления ресурсами в PLM (Partition Load Manager – Менеджер загрузки разделов), а также заданных приоритетах приложений. Политика управления ресурсами для каждой группы разделов указывается в файле политики, определяющий как управляемое окружение, так и параметры политики управления ресурсами. Заданные параметры управления ресурсами по сути являются критериями оптимизации структуры виртуального сервера. Основная часть нужной информации для принятия решения собирается в виде статистики в ходе работы системы. В конце работы приводятся основные результаты.

Ключевые слова: виртуализация ресурсов, виртуальный сервер, вычислительная система, процедура принятия решений, процессорный пул, рабочая нагрузка, ресурс, триггер адаптивности, управление ресурсами

MANAGING RESOURCES AND WORKLOAD IN THE ADAPTIVE MODELS OF COMPUTING SYSTEMS

Tereshkin D.O., Martyshekin A.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru

The article is devoted to the problems of description and selection of initial parameters of mathematical models of computer systems with virtualization for specific classes of tasks, adaptation of the systems and Queuing networks used for the study and calculation of models of computer systems with virtualization, as well as issues related to resource management and workload of virtual servers. The analysis of modern works on the subject of the article allows us to note that in the world practice analytical methods are used to obtain results in design tasks that require less resources and allow to solve important problems of analysis and optimization of parameters. The procedure of decision-making in real computing systems work on the basis of the user-defined resource management policies in PLM (Partition Load Manager Manager download sections), and given the priorities of the applications. The resource management policy for each partition group is specified in a policy file that defines both the managed environment and the resource management policy settings. The parameters defined for the management of resources in fact are the criteria of optimization of the structure of the virtual server. The main part of the necessary information for decision-making is collected in the form of statistics during the operation of the system. At the end of the article, the authors give the main results.

Keywords: resource virtualization, virtual server, computing system, decision procedure, processor pool, workload, resource, adaptability trigger, resource management

Сервера IBM System p, в совокупности с ОС AIX и опцией Advanced POWER Virtualization [1], дают возможность выбора из трех механизмов управления ресурсами и рабочей нагрузкой: Общие процессоры, разделы без ограничений (uncapped). Гипервизор POWER передает неиспользованные процессорные такты тем разделам без ограничений, которые могут получить от них пользу. Workload Manager (Менеджер рабочей нагрузки, WLM). Устанавливает приоритеты приложений на доступ к ЦП, памяти и подсистеме в/в в пределах раздела. Partition Load Manager (Менеджер загрузки разделов, PLM) [5, 6]. Добавляет в раздел и перемещает между разделами ресурсы ЦП и памяти, используя динамические

операции LPAR. Два режима работы: мониторинга и управления.

Для улучшения использования системных ресурсов PLM автоматизирует миграцию ресурсов между разделами, основываясь на загрузке и приоритетах разделов; разделы с большими запросами будут получать ресурсы, добровольно отданные или принудительно отобранные у разделов с меньшими запросами. Определяемые пользователями политики управляют тем, как будут перемещаться ресурсы. Приложение PLM использует модель «клиент-сервер», показанную на рисунке 1, для предоставления совместного доступа к системной информации, такой как события процессора и памяти, всем одновременно работающим логическим разделам [2, 3].

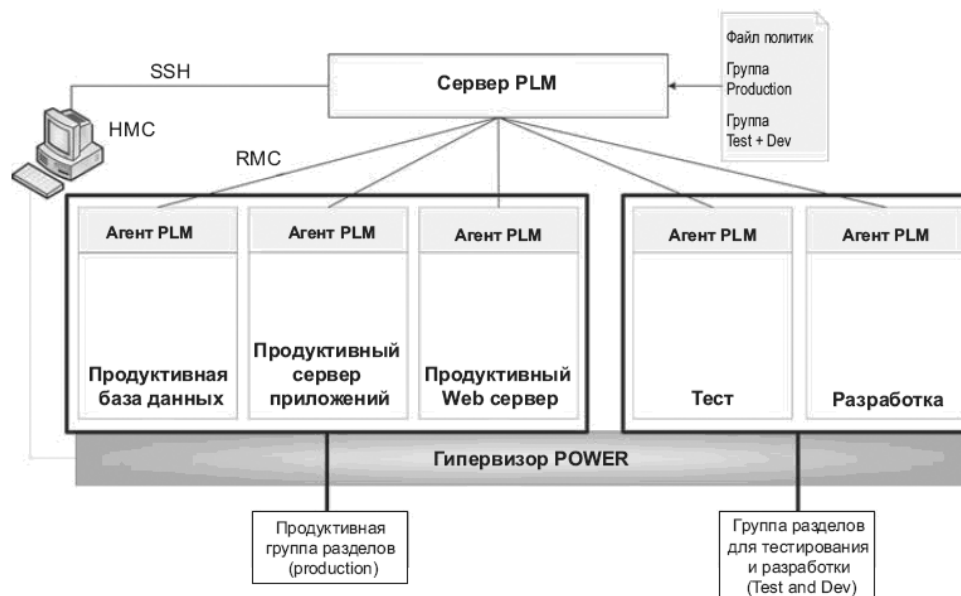


Рис. 1. Архитектура PLM

Так как каждый раздел контролируется локально, и агенты взаимодействуют с сервером PLM только при возникновении события, PLM потребляет незначительное количество системных и сетевых ресурсов. Политика управления ресурсами (resource management policy) для каждой группы разделов (partition group) указывается в файле политики (policy file), который определяет, как управляемое окружение, так и параметры политики управления ресурсами [4, 5]. Файл политики управления ресурсами содержит: 1) описание основных ресурсов виртуального сервера; 2) макс., мин. и гарантированные значения ресурсов: ЦП и память; 3) шаг наращивания или уменьшения выделенных ресурсов; 4) список виртуальных серверов в пуле, которые будут выступать в роли доноров или акцепторов дополнительных ресурсов; 5) описание интервалов опроса ЦП и памяти на предмет необходимости корректирования объема выделенных ресурсов; 6) пороговые (мин/макс) значения загрузки ЦП и памяти. Каждый раз, когда преодолевается пороговое значение, PLM получает событие Системы управления и контроля – Resource Management and Control (RMC). Когда загрузка ресурса превышает верхнее пороговое значение, раздел PLM считает, что раздел нуждается в дополнительных ресурсах; такой раздел называется requestor (реципиент). Когда загрузка раздела становится меньше, чем нижнее пороговое значение, раздел становится потенциальным донором

(donor). При нормальном стечении обстоятельств ресурсы перемещаются от доноров только тогда, когда другой раздел переходит в состояние requestor для того же ресурса. Когда загрузка ресурса находится между двумя пороговыми значениями, PLM считает, что доступных ресурсов достаточно. 7) опции необходимости немедленного освобождения ресурсов, которые больше не используются, поскольку можно «придерживать» ресурсы во избежание слишком частых операций по перемещению ресурсов, которые также требуют времени.

Часть определения политики – относительный приоритет каждого раздела в группе. Это достигается путем использования механизма «общих ресурсов» (shares) аналогичного WLM. Чем больше «shares» выделено разделу, тем выше его приоритет. Чтобы предотвратить полное истощение количества ресурсов в некоторых разделах, PLM модулирует приоритет раздела на основе его текущего количества ресурсов.

Когда PLM оповещается о том, что раздел перешел в состояние реципиента, он ищет свободные ресурсы в следующем порядке: свободный пул неразмещенных ресурсов; донор ресурсов; раздел с наименьшим количеством общих (требуемых) ресурсов, имеющий при этом больше ресурсов, чем указано в параметре настройки «guaranteed» (гарантировано).

Количество перемещаемых ресурсов – либо минимальное дельта значение для обо-

их разделов, либо количество, которое даст им приоритет, указанный в политике.

Определение, какой из узлов больше или меньше требуется в ресурсах, выполняется путем сравнения того, каким количеством ресурсов владеет раздел относительно его приоритета, определяемого, в свою очередь, по количеству «общих ресурсов». PLM ранжирует разделы, включая раздел requestor, в списке разделов с количеством ресурсов, превышающих гарантированное значение. Приоритеты разделов определяются по следующему соотношению [2, 3]:

$$\text{Приоритет} = \frac{(\text{Текущее количество ресурсов} - \text{Гарантированное количество ресурсов})}{\text{Общие ресурсы}} \quad (1)$$

Наименьшее результирующее значение означает наивысший приоритет; разделы с меньшим значением могут получать ресурсы от разделов с большим значением. На рис. 2 показан процесс перемещения ресурсов ЦП для трех разделов. Раздел 3, загруженный, является просителем. В пуле нет свободных ресурсов, нет и разделов доноров. PLM ищет разделы с избыточным количеством ресурсов (большим, чем им гарантировано). Остальные два раздела в группе имеют избыточные ресурсы. Раздел 1 имеет наибольшее соотношение «избыточные—общие ресурсы» из всех трех разделов, и ресурсы будут перемещаться от раздела 1 к разделу 3.

Если запрос ресурсов не может быть выполнен, он помещается в очередь и проходит повторную оценку, когда появятся свободные ресурсы.

PLM управляет памятью, перемещая логические блоки памяти LMB (Logical Memory Blocks) между разделами. Размер LMB зависит от количества памяти, установленной в хост-платформе (SEC). Для определения потребности в памяти PLM использует две метрики:

– Процент утилизации (соотношение используемой и установленной памяти).

– Скорость замещения страниц (page replacement rate).

ОС AIX использует всю доступную ему память. Он не будет выгружать страницы из памяти, если ему не потребуется загрузить другие страницы с диска. Это означает, что если есть избыток памяти, то AIX 5L будет использовать ее и она будет показана как используемая инструментами ОС, даже если нет приложений, использующих ее. По этой причине разделы редко становятся донорами.

Для разделов с выделенными процессорами PLM перемещает физические процессоры (по одному) от разделов, которые не используют их или имеют большой вес

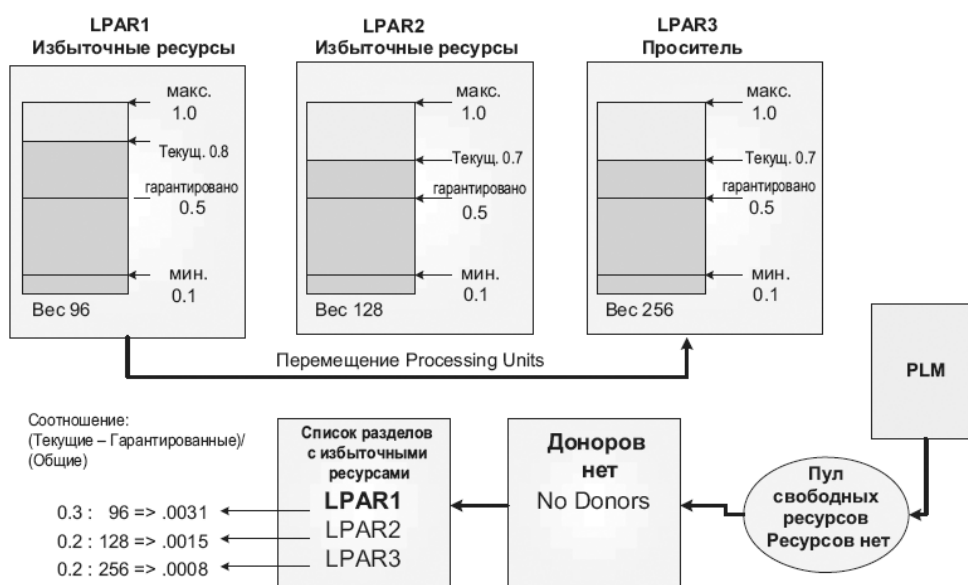


Рис. 2. Распределение ресурсов PLM

избыточности, разделам, которые имеют потребность в них. Это позволяет активным разделам с выделенными процессорами лучше использовать свои ресурсы, например, выравнивая переход от транзакций конца дня к ночным пакетным работам.

Для разделов в общем процессорном пуле PLM управляет выделенной мощностью и количеством виртуальных процессоров (VP). Когда раздел запрашивает больше процессорной мощности, PLM увеличит выделенную мощность для запрашивающего раздела, если дополнительная процессорная мощность доступна. PLM

может увеличить количество виртуальных процессоров для увеличения потенциальной возможности раздела потреблять процессорные ресурсы при сильной загрузке для разделов с ограничением (capped) и без ограничения (uncapped). PLM может также, наоборот, уменьшить выделенную мощность и количество виртуальных процессоров при низкой нагрузке для более эффективного использования физических процессоров.

Далее на рис. 3 и 4 показаны основные этапы задания параметров файла политики управления ресурсами.

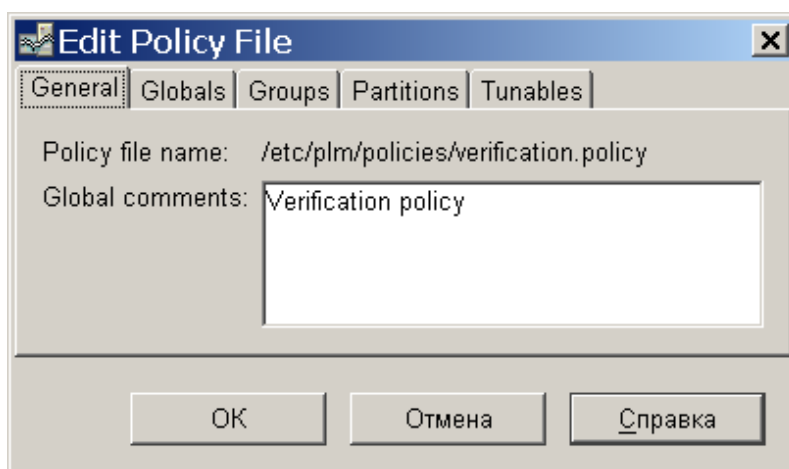


Рис. 3. Общие характеристики файла политики

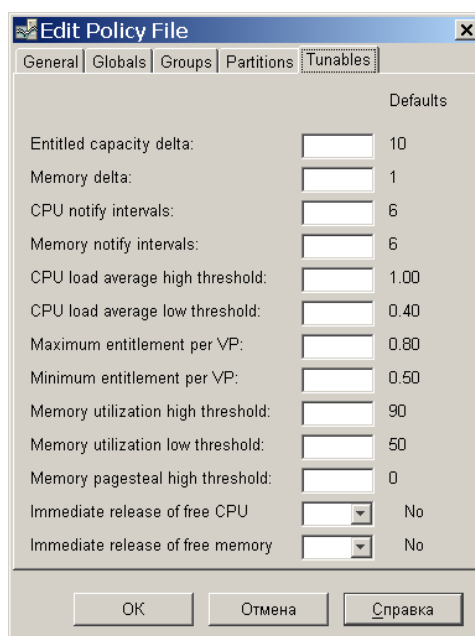


Рис. 4. Критерии управления ресурсами

Другими словами, заданные параметры управления ресурсами – являются критериями оптимизации структуры виртуального сервера, причем основная часть необходимой информации для принятия решения собирается в виде статистики в ходе работы системы.

Аналогичным образом, в моделях таких ВС задаются триггеры адаптивности с критериями специфичными для модели [6], например, можно задать следующие условия срабатывания триггеров адаптивности:

1) Коэффициент загрузки в заданных пределах или больше/меньше определенного значения, т. е. можно управлять эффективностью загрузки ресурсов;

2) Среднее время пребывания заявки в СМО – аналогично среднему времени пребывания заявки в том или ином компоненте реальной ВС и соответственно нужно стремиться к тому, чтобы расчетное время не превышало более чем в 2 раза заданное время обслуживания, иначе получается, что заявка слишком трудоемка для полной обработки за один проход и из-за этого начнут образовываться очереди;

3) Среднее время ожидания в очереди – аналогично среднему времени ожидания заявки в каком-либо буфере, например, ОП по отношению к ЦП или буфер В/В по отношению к УВВ, а поскольку объем буферов в реальной ВС ограничен, то следует стремиться к тому, чтобы значение этого параметра не превышало N -го числа раз от заданного времени обслуживания.

Таким образом, адаптивные модели выгодны тем, что в процессе выработки решения используется информация, поступающая как от самой модели, так и от исследователя, в виде схем принятия решения, которые задаются исследователем.

Список литературы

1. Логические разделы – POWER5 [Электронный ресурс] // НОУ ИНТУИТ | Лекция | Технологии виртуализации (POWER). – URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/996/224/lecture/5797?page=3> (дата обращения: 31.01.2019).
2. Partition Load Manager (PLM) [Электронный ресурс] // Partition Load Manager – Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). – URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/> (дата обращения: 31.01.2019).
3. Preparation for implementation of PLM [Электронный ресурс] // PLM Configuration – Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). – URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/plmconf.shtml> (дата обращения: 31.01.2019).
4. Бутаев М.М., Папко А.А., Курносов В.Е., Мартышкин А.И., Пашенко Д.В. Использование элементов теории массового обслуживания при описании и управлении ресурсами и рабочей нагрузкой адаптивных математических моделей вычислительных систем с технологией виртуализации ресурсов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – № 4 (44). – С. 71-78.
5. Мартышкин А.И. Верификация математических моделей вычислительных систем с виртуализацией посредством виртуального сервера с конфигурацией, аналогичной конфигурации заданной модели // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – № 3 (43). – С. 18-24.
6. Мартышкин А.И. Применение аппарата теории массового обслуживания при описании адаптивных моделей вычислительных систем с виртуализацией ресурсов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – № 2 (42). – С. 15-21.

УДК 621.397.43

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАДИОДИАПАЗОНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Хамадж Наср Еддин, Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, e-mail: iis@penzgtu.ru

В статье представлен обзор методов дистанционного зондирования с использованием различных летательных аппаратов целью мониторинга земной поверхности. Для уменьшения влияния атмосферы Земли обосновывается использование радиодиапазона электромагнитных (ЭМ) волн. Показано, что переход от фотографирования земной поверхности в оптическом диапазоне к дистанционному зондированию в радиодиапазоне ЭМ- волн приводит к существенному снижению разрешающей способности аэрофотосъемки. С целью увеличения разрешающей способности используют методы синтеза апертуры с использованием запоминания фазовой структуры ЭМ-волны, отраженной от земной поверхности в виде радиоголограммы. При последующем восстановлении радиоголограммы в видимом свете формируется изображение земной поверхности в уменьшенном виде и с разрешающей способностью не хуже чем в оптическом диапазоне ЭМ-волн. Показано, что современные информационные технологии в настоящее время позволяют заменить фотографирование отраженного от земной поверхности радиопульса и последующего восстановления сформированной радиоголограммы в луче лазера цифровой обработкой, которая позволяет сформировать изображение земной поверхности с разрешающей способностью не хуже, чем в оптическом диапазоне. Подобный переход от аналоговых когерентно-оптических методов формирования изображения земной поверхности к цифровым методам стал возможен благодаря успехам интегральной технологии вычислительных систем.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, мониторинг земной поверхности, влияние атмосферы Земли, разрешающая способность аэрофотосъемки, синтезированная апертура, радиоголограмма

METHODS OF REMOTE EXPLORATION OF A TERRESTRIAL SURFACE IN A RADIORANGE OF ELECTROMAGNETIC WAVES

Khamadj Nasr Eddine, Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: iis@penzgtu.ru

In a paper the review of methods of remote exploration with use of various flight vehicles by the purpose of monitoring of a terrestrial surface is represented. The influence of atmosphere of the Earth is marked, for a diminution of which influence the use of a radiorange of EM-waves is justified. Is shown, that the passage from a photography of a terrestrial surface in an optical range to remote exploration in a radiorange of EM-waves reduces in an essential drop of a resolving power of air photography. With the purpose of magnification of a resolving power use methods of synthesizing of the aperture with use of reminder of a phase structure of an EM-wave reflected from a terrestrial surface as the radiohologram. At consequent restoring of the radiohologram in visible light the image of a terrestrial surface in the reduced aspect and with a resolving power not worse than in an optical range of EM-waves is formed. Is shown, that the modern information process engineerings now allow to replace a photography of a radio pulse, reflected from a terrestrial surface, and consequent restoring of the generated radiohologram in a ray of the laser by digital handling, which allows to generate an image of a terrestrial surface with a resolving power not worse, than in an optical range. The similar passage from analog coherent – optical methods of image generation of a terrestrial surface to digital methods has become possible(probable) due to successes of an integrated process engineering of computing systems.

Keyword: remote exploration, monitoring of a terrestrial surface, influence of atmosphere of the Earth, resolving power of air photography, synthesized aperture, radiohologram

Под дистанционным зондированием понимается метод получения информации о физическом объекте на расстоянии при помощи целенаправленной обработки принятых электромагнитных (ЭМ) волн, которые провзаимодействовали с исследуемым объектом. Энергия ЭМ-волн может принадлежать как собственному излучению физического тела, так и быть отражённой энергией от постороннего источника, например, Солнца или радиолокационной станции (РЛС) [1]. Электромагнитное излучение характеризуется частотой колебаний f и длиной волны λ , связанные между собой соотношением $c = \lambda f$, где $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения ЭМ-волн в вакууме.

В дистанционном зондировании и в целом ряде важных прикладных направлений активно используется инфракрасный диапазон от красной границы видимого спектра до длин волн порядка 100 мкм, в котором заключена основная часть энергии теплового излучения объектов земной поверхности [2]. Огромную роль в дистанционном зондировании земной поверхности играет атмосфера Земли, которая существенным образом препятствует прохождению ЭМ-волн видимого и ИК диапазонов. Вполне удовлетворительно с малым рассеянием и поглощением сквозь атмосферу Земли проходят ЭМ-волны радиодиапазонов. Авиационная и космическая радиолокационная

съёмка осуществляется в миллиметровом, сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн.

В процессе полёта спутника по орбите или самолета, антенна на борту излучает радиоволны в направлении земной поверхности под углом к ней (рис. 1). Радиолокационное изображение формируется путём регистрации отраженного поверхностью Земли сигнала по наклонной дальности. Съёмку непосредственно под носителем (в нади́р) не проводят, так как в этом случае дальности различаются незначительно, обратные сигналы от близких объектов местности возвращаются к радиолокатору почти одновременно и на снимке эти объекты неразличимы [3], поэтому подобные системы носят название радиолокационные станции бокового обзора (РЛС БО), то есть РЛС как бы смотрят вбок от направления движения. Углом съёмки обычно называют углы падения – θ_6 и θ_d , соответственно для ближней и дальней зоны. Угол падения ЭМ-волны для современных космических радиолокационных систем может варьировать в больших пределах: например, для ИСЗ Radarsat-2 – от 10° до 60° . Весь диапазон углов падения определяет ширину полосы обзора – полосу на земной поверхности, в пределах которой может проводиться съёмка.

Важнейшей характеристикой РЛС БО является пространственное разрешение, которое определяется длиной волны ЭМ-излучения и шириной диаграммы направ-

ленности антенны в направлении движения летательного аппарата (ЛА) (азимута) и разрешением по наклонной дальности ρ_{sr} пропорционально длительности импульса: чем короче импульс, тем выше разрешение. Оно вычисляется по формуле $\rho_{sr} = \tau c / 2$, где τ – длительность импульса, c – скорость света в вакууме. При работе со снимками земной поверхности значение имеет пространственное разрешение на земной поверхности ρ_{gr} , которое определяется через разрешение по наклонной дальности по формуле:

$$\rho_{gr} = \rho_{sr} / \cos(90 - \theta) = \rho_{sr} / \sin \theta, \quad (1)$$

где θ – угол падения волны [3].

В РЛС БО используют антенну с ножеобразным лучом. Её устанавливают вдоль фюзеляжа самолёта таким образом, чтобы плоскость луча была перпендикулярна линии полёта (или расположена под заданным углом) и чтобы луч был направлен вниз к земной поверхности (рис. 2). Часто используют двусторонний обзор вправо и влево относительно линии полета носителя. Отраженный сигнал от объектов приходит с задержками относительно зондирующего импульса на время t_d распространения радиоволн

$$t_d = 2R / c, \quad (2)$$

где R – дальность до цели, c – скорость распространения электромагнитной энергии.

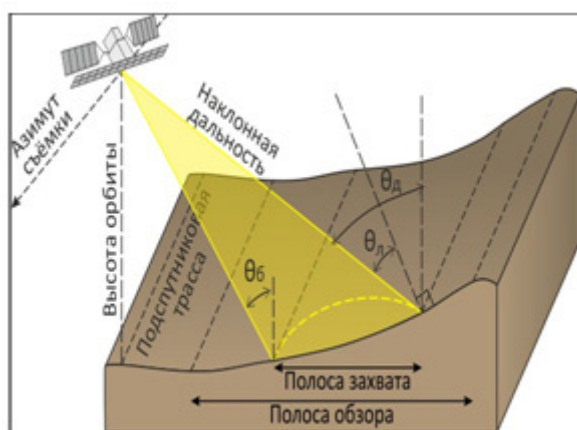


Рис. 1. Геометрия радиолокационной съёмки

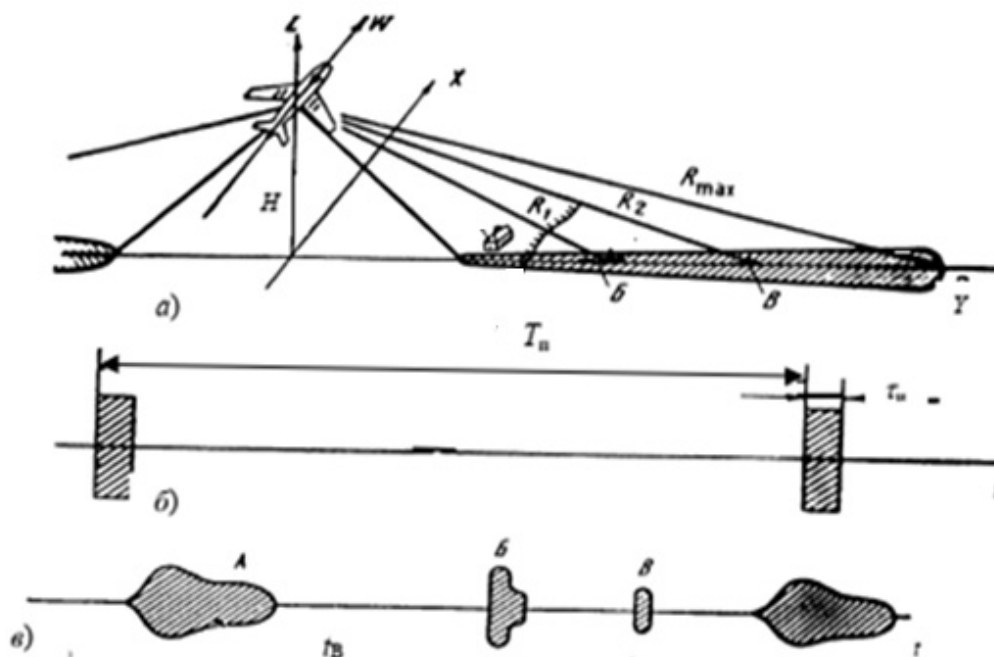


Рис. 2. РЛС БО:

а – геометрия обзора пространства; б – зондирующий сигнал; в – отраженный сигнал; А, Б, В – радиолокационные цели; Y – горизонтальная дальность

Начало строки соответствует моменту излучения зондирующего импульса. В момент прихода отраженного сигнала от цели яркость пятна возрастает пропорционально мощности принятого сигнала [4, 5]. Изображение на экране РЛС или на фотопленке напоминает карту местности. Различие состоит

в том, что на экране регистрируется не горизонтальная, а наклонная дальность. Это вносит искажения, особенно при съемке с больших высот: масштаб изображения на малых дальностях резко меняется, а на краю может появиться темная полоса, дальность до которой определяется высотой полета.

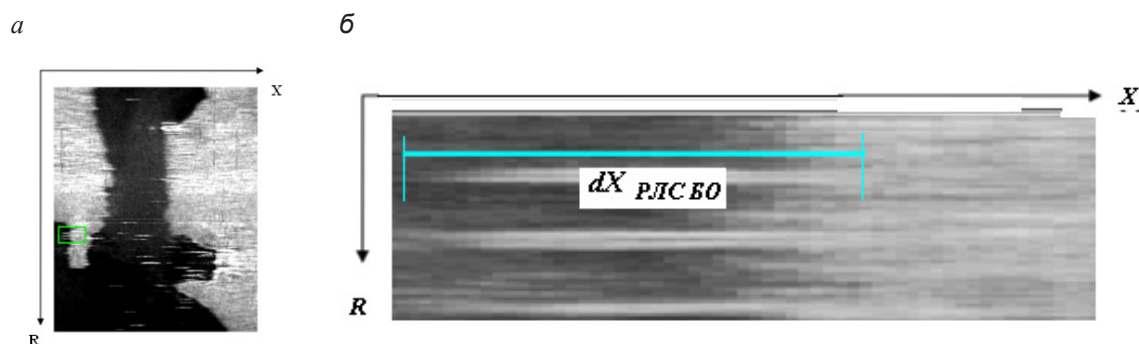


Рис. 3. Изображения земной поверхности в РЛС БО

На рис. 3,а представлено выходное изображения в РЛС БО. А на рис.3,б показан увеличенный фрагмент радиолокационного изображения от трех судов на морской поверхности и часть суши. Размер кадра на местности примерно 40×40 км. В РЛС БО, где разрешающая способность по азимуту равна около 3 км, отметки вытянуты по оси X . Длина отметки от судна равна размеру зоны облучения X_a , вдоль линии пути, определяющей азимутальное разрешение $\delta X_{\text{РЛС БО}}$. Разрешающая способность по азимуту РЛС БО определяется размерами апертуры антенны в вертикальной плоскости и длиной волны. Для радиодиапазона, когда λ равна $1 \div 100$ см, на высотах зондирования порядка 1 км разрешающая способность по размерам объектов составляет несколько км, что является неприемлемым для различных приложений. Для решения задачи уменьшения элемента разрешения в РЛС БО при зондировании земной поверхности был разработан метод синтеза апертуры (СА) за счет движения летательного аппарата. При СА для получения высокого разрешения вдоль линии пути необходимо максимально увеличивать горизонтальный размер антенны D_r . Принцип синтеза состоит в том, что на самолете устанавливается малоразмерная антенна, приемопередатчик делается когерентным, способным определять не только огибающую, но и фазу отраженного сигнала [4]. Искусственный раскрыв синтезированной

антенны в РСА соизмерим с размером элемента разрешения РЛС БО вдоль линии пути и значительно превышает размеры физической антенны, установленной на самолете, что и позволяет реализовать высокое разрешение в РЛС СА.

Угловая разрешающая способность в радианах РЛС СА по линии пути определяется не раскрывом реальной антенны, установленной на самолете, а длиной синтезированной L_a :

$$\alpha_c = \frac{\lambda}{2L_a}. \quad (3)$$

В синтезированной антенне в каждом положении самолета сигнал проходит от антенны до цели и обратно от цели до антенны, в результате чего он получает двойной фазовый набег [4]. Линейное разрешение РЛС СА по путевой дальности определяется длиной синтезированной антенны и наклонной дальностью R :

$$\delta X = \frac{R\lambda}{2L_a}. \quad (4)$$

Запись фазовой структуры отраженного сигнала в РЛС СА называется радиоголограммой. Синтез радиоголограммы с длиной апертуры $L_{a,\max} = X_a$ позволяет реализовать предельное азимутальное разрешение, близкое к $D_r/2$ с получением детального радиоизображения, фрагмент которого приведен на рис. 4.

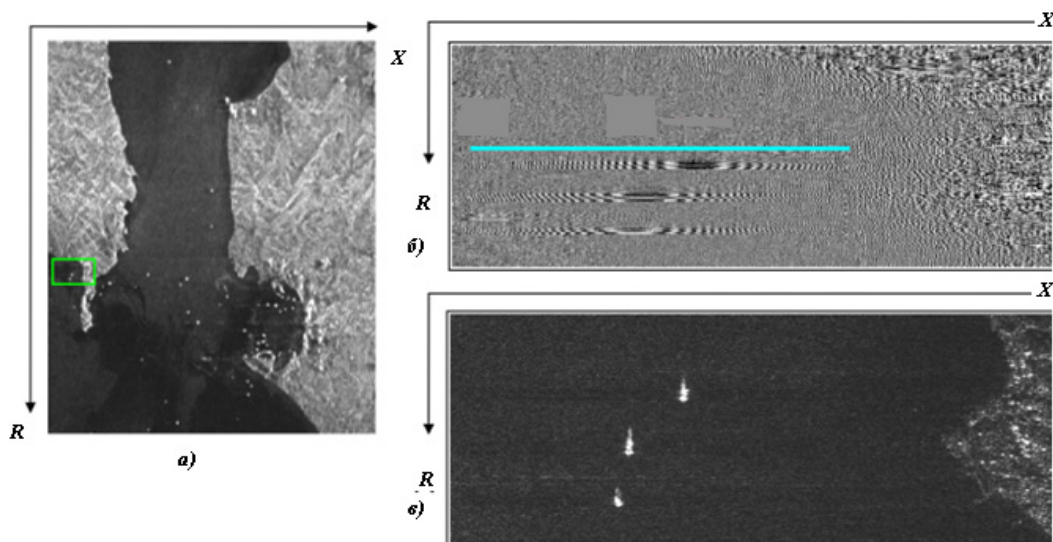


Рис. 4. Восстановленные изображения в РЛС СА (а, в) и радиоголограмма (б)

В первых РЛС СА использовался оптический синтез искусственной апертуры. Применялись также электронные методы синтеза. В настоящее время все эти методы вытеснены цифровым синтезом апертуры с использованием универсальных вычислительных машин или спецвычислителей на сигнальных процессорах.

Список литературы

1. Шарков Е.А. Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические основы: в 2 т. / Евгений Шарков. – Т. 1. — М.: ИКИ РАН, 2014.—544 с.
2. Electromagnetic Radiation: [Электронный ресурс] // Natural Resources Canada. — URL: <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/14621>. (Дата обращения: 20.09.2018).
3. Технология съёмки [Электронный ресурс] // Радиолокационные данные в географических исследованиях и картографировании. — URL: <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/maerials/radiolocation> (Дата обращения: 08.11.2018).
4. Неронский Л.Б., Михайлов В.Ф., Брагин И.В. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны: учебное пособие Ч. 2. / Л.Б. Неронский, В.Ф. Михайлов, И.В. Брагин. — СПб: СПбГУАП, 1999. — 220 с.
5. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О.С. Токарева; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. — 148 с.

УДК 338.012

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ ФОРМ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Чубаркина И.Ю., Шагунов С.Д.

НИИУ «Московский государственный строительный университет», Москва,
e-mail: juliaveniaminovna@yandex.ru

При реализации инвестиционно-строительных проектов (далее в статье-ИСП) насчитывается немалое количество схем финансирования, которые постоянно модернизируются. Выбор той или иной схемы финансирования зависит от типа инвестиционно-строительных проектов и возможностей правообладателя. Существует необходимость в развитии фундамента управления строительными проектами, поскольку стоимость привлечения средств в проект существенно варьируется для разных видов источников. Объектами строительства при каждой схеме финансирования выступают жилая и коммерческая недвижимость. На сегодняшний день существует несколько основных реализующихся схем финансирования, которые будут рассмотрены в данной статье. Собственные средства правообладателя – финансирование происходит совместно с кредитом при условии, что собственные средства составляют не менее 15% всех расходов; в случае привлечения средств соинвесторов в качестве вложения собственных средств выступает стоимость земельного участка и оформленная исходно-разрешительная документация; при привлечении кредитных средств кредитом покрывается от 30–70% все затрат. В статье приведены схемы проектного финансирования, инвестиционного кредитования и оповещены основные этапы выпуска облигаций. Так же был проведен анализ каждой из схем финансирования, в частности освещены нормативные регулирующие акты.

Ключевые слова: инвестиционно-строительные проекты, схемы финансирования, источник финансирования

IMPLEMENTATION OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS WITH THE USE OF DIFFERENT FORMS OF FINANCING

Chubarkina I.Y., Shagunov S.D.

Moscow state University of civil Engineering, Moscow, e-mail: juliaveniaminovna@yandex.ru

In the implementation of investment and construction projects (hereinafter-ISP), there are a considerable number of financing schemes that are constantly being upgraded. The choice of a particular financing scheme depends on the type of investment and construction projects and the possibilities of the right holder. There is a need to develop the Foundation of construction project management, as the cost of raising funds in the project varies significantly for different types of sources. The objects of construction in each financing scheme are residential and commercial real estate. To date, there are several major ongoing financing schemes, which will be discussed in this article. Own funds of the rightholder-financing is carried out together with the loan provided that own funds make up at least 15% of all expenses; in case of attracting co-investors' funds, the cost of the land plot and the initial permits are used as an investment; in case of attracting credit funds, the loan covers from 30–70% of all costs. The article presents the scheme of project financing, investment lending and notified the main stages of bond issuance. Also, an analysis of each of the financing schemes was carried out, in particular, regulatory acts were covered.

Keywords: investment and construction projects, financing schemes, source of financing

На сегодняшний день существует несколько основных источников финансирования, а именно:

1. Собственные средства правообладателя;
2. Привлеченные средства соинвесторов (привлечение стратегических инвесторов-партнеров, привлечение конечных покупателей);
3. Привлечение средств кредитных организаций (проектное финансирование и инвестиционное кредитование);
4. Публичное привлечение средств (облигационные займы, публичное размещение акций).

1. Собственные средства правообладателя

Данный источник финансирования регулируется Федеральными законами: «Об

инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» №39-ФЗ от 25.02.1999 г. (регулирование инвестиционной деятельности) [1], «Об акционерных обществах» №208-ФЗ от 24.11.1995 г. (регулирование деятельности акционерных обществ), «Об обществах с ограниченной ответственностью» №14-ФЗ от 08.02.1998 г. (регулирование деятельности обществ с ограниченной ответственностью), «О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» №129-ФЗ от 08.08.2001 г. (регулирует деятельность индивидуальных предпринимателей), а так же Гражданским кодексом РФ №51-ФЗ от 30.11.1994 г. (регулирование общих вопросов) [2].

Объектами строительства при такой схеме финансирования выступают объекты

как жилой, так и коммерческой недвижимости. В данном случае собственные средства вкладываются на прединвестиционном этапе или же на начальной стадии инвестиционной фазы, далее осуществляется привлечение финансирования от сторонних источников. Необходимость в первоначальном вложении средств собственника заключается в возможности последующего привлечения кредитных займов. Средства правообладателя первично направляются на оформление исходно-разрешительной документации (ИРД), в т.ч. прав на земельный участок и пр. Использование только собственных средств целесообразно при последующей самостоятельном эксплуатации строящегося объекта, например, крупными компаниями сырьевого сектора [1].

Источниками финансирования собственных средств могут выступать: уставной или добавочный капитал организаций, нераспределенная прибыль организаций, ссуды от собственников. Подводя итог по данной схеме финансирования необходимо отметить, что собственные средства правообладателя могут привлекаться на любом этапе жизненного цикла ИСП, однако такое привлечение финансирования применяется совместно с кредитными средствами и облигационными займами в размере от 20% до 80% от общего объема финансирования. Основным требованием кредиторов выступает в возможности начального финансирования собственными средствами не менее 15% затрат до начала кредитования.

2. Привлечение средств соинвесторов

Такая схема финансирования регулируется следующими Федеральными законами: «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости» №214-ФЗ от 30.12.2004 г., «Об ипотеке (залоге недвижимости)» №102-ФЗ от 16.07.1998 г. (регулирование ипотеки площади при наличии механизмов рассрочки, кредитования и прочих обязательств приобретателя), «О рынке ценных бумаг» №39-ФЗ от 22.04.1996 г. (регулирования работы с ценными бумагами) и пр. Гражданский кодекс РФ №51-ФЗ от 30.11.1994 г. (регулирование общих вопросов) [2].

Соинвесторами выступают юридические или физические лица, а так же индивидуальные предприниматели. Объектами строительства, как и в первом случае, выступают объекты жилой и коммерческой недвижимости.

В большинстве случаев соинвесторы предоставляют финансирование ИСП в качестве партнеров собственников на основе

различных договоров инвестирования. Целью данных договоров является получение возможности приобретения площади по стоимости, которая будет близка к стоимости строительства. Выделяют несколько основных механизмов регулирования взаимоотношений с инвесторами-партнерами [3, с. 28]:

1. Продажа инвестиционно-строительного проекта;

2. Продажа или отчуждение прав на земельный участок на котором реализуется строительство ИСП;

3. Заключение инвестиционного договора, основополагающим условием которого являются обязательства сторон: закрепление за инвестором соответствующей доли площадей или доход от реализации ИСП;

4. Привлечение средств из данного источника допускается на любом стадии жизненного цикла ИСП, а в качестве вложения собственных средств может выступать сама стоимость земельного участка и оформленная исходно-разрешительная документация.

Поступающие денежные средства от данного источника при моделировании денежного потока относятся к операционному денежному потоку и эффективность их инвестирования определять нецелесообразно.

3. Привлечение кредитных средств

Основные регулирующие документы: федеральный закон «О банках и банковской деятельности» № 395-1 от 02.12.1990 г. (регулирование банковской деятельности), «Положение о порядке формирования кредитными организациями резервов на возможные потери по ссудам, по ссудной и приравненной к ней задолженности» №254-П от 26.03.2004 г. (регулирование деятельности банков), федеральный закон «Об ипотеке (залоге недвижимости)» №102-ФЗ от 16.07.1998 г. (регулирование залога обеспечения), внутренние регламенты и нормативные документы кредитной организации и пр.

Финансирование ИСП в данном случае осуществляется банком, в основном только после получения разрешения на строительство, а именно на инвестиционном этапе и также после вложения собственных средств в размере 15% от общих затрат. Проектное финансирование подразумевает собой форму кредита, где возврат вложенных средств и получение доходов от реализации ИСП происходит на эксплуатационной стадии. При проектном финансировании как правило кредитом покрывается от 30% до 70% всех затрат. Осуществление кредитной сделки происходит согласно рис. 1 [4, с. 391].

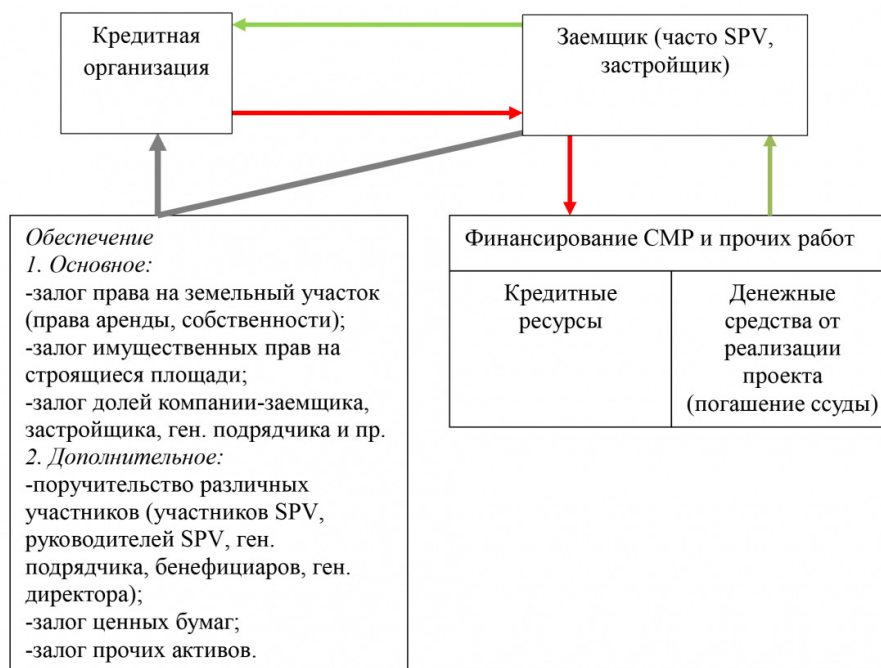


Рис. 1. Схема проектного финансирования

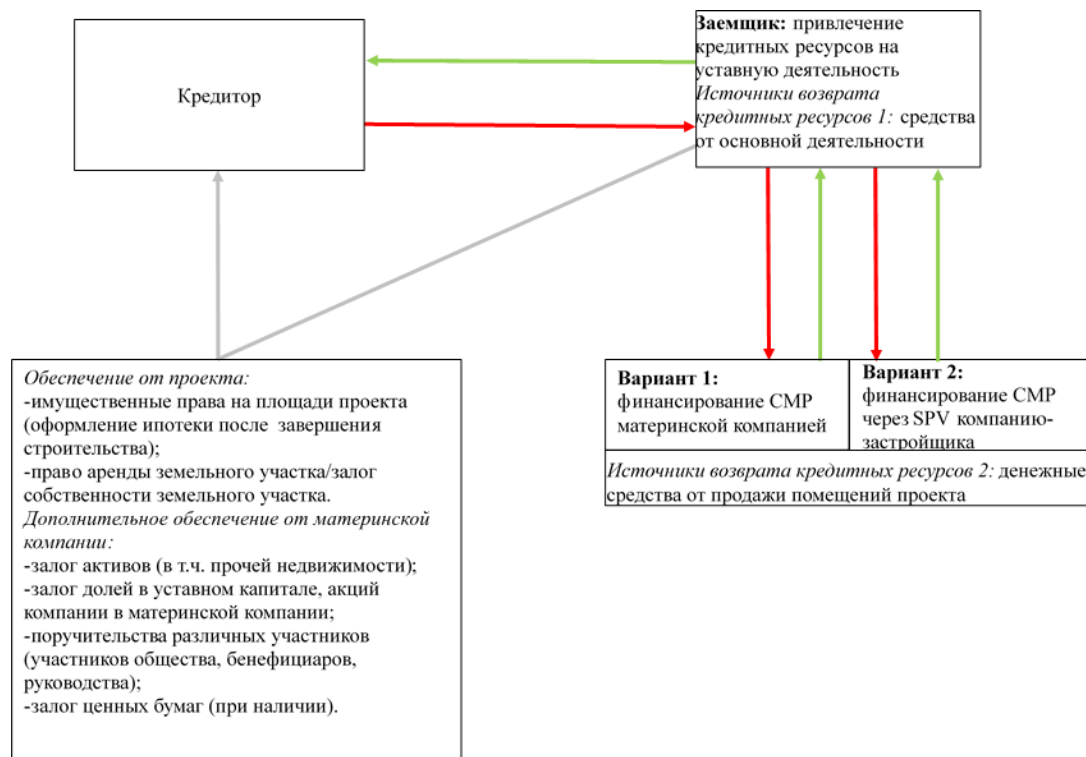


Рис. 2. Схема инвестиционного кредитования

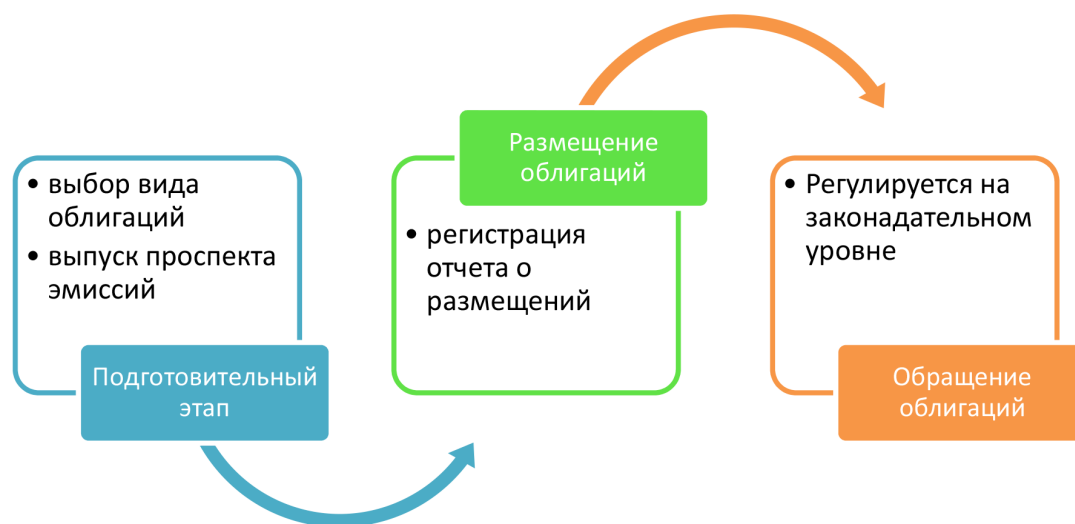


Рис. 3. Основные этапы выпуска облигаций

Проектное финансирование применяется в большинстве случаев кредитования ИСП, т.к. является наиболее безопасным как для основной деятельности заемщика, так и банка.

Инвестиционное кредитование. Финансирование ИСП осуществляется посредством предоставления кредита, в таком случае источником погашения выступает вся деятельность заемщика. На рис. 2 приведем схему инвестиционного кредитования [5, с.77].

Инвестиционное кредитование присуще для реализации финансирования объектов коммерческой недвижимости и организаций, которые уже имеют в правообладании объекты, которые возможно использовать в качестве залога по кредиту [5].

Облигационные займы. Основные регулирующие документы: «Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)» №14-ФЗ от 26.01.1996 г., Федеральный закон «О рынке ценных бумаг» №39-ФЗ от 22.04.1996 г., Федеральный закон «Об ипотечных ценных бумагах» №152-ФЗ от 11.11.2003, Приказы ФСФР, пр.

Данный способ финансирования является одним из наиболее эффективным и удобным, так как эмиссия облигаций девелоперами и правообладателями строительных проектов (застройщиками) может способствовать нивелированию отрицательного влияния на показатели проекта повышения

ключевой ставки ЦБ РФ и стать альтернативой банковским кредитам. Такой вид займа способствует привлечению средств по более низким процентным ставкам, нежели чем банковские кредиты. Выпуск облигаций содержит несколько основных этапов, которые приведены на рис. 3.

4. Публичное размещение акционерного капитала

Основные регулирующие документы: «Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)» №14-ФЗ от 26.01.1996 г., Федеральный закон «О рынке ценных бумаг» №39-ФЗ от 22.04.1996 г., Федеральный закон «Об ипотечных ценных бумагах» №152-ФЗ от 11.11.2003 г., приказы ФСФР, пр.

Одной из основных задач является подготовка организаций к выходу на фондовые площадки.

Список литературы

1. Закон РФ «Об инвестиционной деятельности в РФ, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999. № 39-ФЗ ст 19 (ред. от 25.12.2018)
2. Гражданский кодекс РФ (часть вторая) №14-ФЗ от 26.01.1996.
3. Марковская Е.И. Организация финансирования инвестиционных проектов: теория и практика. – СПб., 2013. – С. 28.
4. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. – М., 2015. – С. 391.
5. Сулемин В. Т. Повышение эффективности капитальных вложений. – М., 2012. – С. 7.

УДК 629.015

ЗНАЧИМОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ АВТОТРАНСПОРТА

Юсупов Б., Нарзуллаев К.

Наманганский инженерно-строительный институт, Наман,

e-mail: yusupov.b@rambler.ru

В настоящей статье освещаются значимость и проблемы автомобильного транспорта в современных условиях. Ее место в экономике стран мира. Темпы выпуска автомобилей за 2018 год и за январь – март месяцы 2019 года. Указываются страны лидеры по выпуску автомобильной техники, такие как: КНР, США, Япония, Германия, Индия, Южная Корея, Мексика, Испания, Бразилия и Франция, рынки реализации данного вида техники и пользующиеся популярностью среди потребителей автомобильные бренды. Выделяются основные проблемы, связанные с производством и реализацией техники, как токсичность выхлопных газов, дымность, уровень шума, отработанные моторные масла, использованные охлаждающие жидкости и кислоты, резино-технические материалы и т.п. Указываются основные, современные экологические «Евро» критерии «Евро-5» и «Евро-6» при разработке, сертификации и эксплуатации автомобилей, а также несовершенства преобразования энергии заключенной в химическом составе горючей смеси в ДВС – низкой ее эффективности. Отмечаются причины, связанные с особенностями конструкции двигателя внутреннего сгорания. Приводятся меры предпринимаемые автопроизводителями для ее совершенствования, увеличения коэффициента полезного действия и соответствия силовых систем к международным экологическим нормам. В частности совершенствования газораспределительного механизма, путем увеличения числа клапанов и распределительного вала. О преимуществах и недостатках мер предпринимаемые автопроизводителями.

Ключевые слова: автомобиль, рынок, автопромышленность, двигатели, клапаны, газораспределительный механизм, горючий смес, отработанные газы, газообмен

SIGNIFICANCE AND PROBLEMS OF MOTOR TRANSPORT

Yusupov B., Narzullaev K.

Namangan engineering and construction institute, Naman,

e-mail: yusupov.b@rambler.ru

This article highlights the importance and problems of road transport in modern conditions. Its place in the economy of the world. The rate of production of cars for 2018 and for January – March of 2019. The countries leading in the production of automobiles are indicated, such as: China, the United States, Japan, Germany, India, South Korea, Mexico, Spain, Brazil and France, the markets for the sale of this type of technology and popular automotive brands among consumers. The main problems associated with the production and sale of technology, such as exhaust emissions, smoke, noise levels, used engine oils, used coolants and acids, rubber materials, etc., are highlighted. It specifies the main, modern ecological “Euro” criteria “Euro-5” and “Euro-6” in the development, certification and operation of vehicles, as well as the imperfections of energy conversion contained in the chemical composition of the combustible mixture in the internal combustion engine – its low efficiency. There are reasons related to the design features of the internal combustion engine. The measures are taken by automakers to improve it, increase efficiency and conformity of power systems to international environmental standards. In particular, improving the gas distribution mechanism, by increasing the number of valves and camshaft. On the advantages and disadvantages of measures taken by automakers.

Keywords: automobile, market, automobile industry, engines, valves, gas distribution mechanism, combustible mixture, exhaust gases, gas exchange

В настоящее время, один из стремительно развивающихся отраслей мировой экономики является автомобильный транспорт. Услугами данной отрасли пользуются все сферы экономики любой отдельно взятой страны.

Анализ показывает, что в 2018 году в мире произведено 95051545 автомобилей, за январь – март 2019 г. произведено 7535868 единиц автомобилей. По статистическим данным за одну секунду производят 2.2 авто / с [1].

Производство и реализация автомобилей составляют существенную долю мировой экономики. По данным автомобиль-

ного журнала «Ward's», общее количество автомобильной техники в мире составляет 1,2 миллиарда единиц [2]. Важно отметить, что это число включает только легковые автомобили, легкие, средние и тяжелые грузовые автомобили, за исключением внедорожных, лесных, специальных и тому подобных транспортных средств.

В первую десятку производителей автомобильной техники входят КНР, США, Япония, Германия, Индия, Южная Корея, Мексика, Испания, Бразилия и Франция. Количество произведенных данными странами автомобилей приведено в табл. 1 [3].

Таблица 1

Страны – лидеры по производству автомобилей по итогам 2018 года		
1	Китай	27 767 615 шт.
2	США	11 328 441 шт.
3	Япония	9 575 215 шт.
4	Германия	5 368 278 шт.
5	Индия	5 174 401 шт.
6	Южная Корея	4 028 129 шт.
7	Мексика	3 916 468 шт.
8	Испания	2 798 983 шт.
9	Бразилия	2 746 376 шт.
10	Франция	2 191 450 шт.

Основными рынками реализации легкой и коммерческой автомобильной техники являются: Китайская народная республика, где в 2018 году было реализовано 27 млн 732 тыс. машин и занимает первое место. Второе по величине мировым автомобильным рынком остается Америка с показателем 17 млн 292 тыс. машин, автомобильные рынки стран Западной Европы составляют 16 млн 153 тыс., страны Восточной Европы – 4 млн 243 тыс., страны Южной Америки – 3 млн 245 тыс., Японии – 5 млн 203 тыс. единиц, Канады – 2 млн 018 тыс. единиц, Кореи – 1 млн 177 тыс. единиц [4]. Здесь также следует отметить, что транспортные средства японских, германских и американских производителей пользуются большой популярностью среди потребителей всего мира. В табл. 2 приведен список самых вос-

требуемых по итогам 2018 года автомобилей.

Вместе с тем, в настоящее время перед автомобильными компаниями стоят ряд задач, решение которых влияют на будущее мировую автопромышленную и связанных с данной сферой смежных отраслей.

Условно проблем связанных с автомобильным транспортом можно разделить на три составляющих. Схематическое изображение отмеченных проблем приведены на рис. 1.

К проблемам связанным с двигателями внутреннего сгорания относятся: токсичность выхлопных газов, дымность, уровень шума, отработанные моторные масла, использованные охлаждающие жидкости и кислоты, резино-технические материалы и т.п. [5].

Таблица 2

Топ-10 самых продаваемых авто 2018 года		
1	Toyota Corolla	1 181 445 шт.
2	Ford F-Series	1 080 757 шт.
3	Toyota RAV4	837 624 шт.
4	Honda Civic	823 169 шт.
5	Volkswagen Tiguan	791 275 шт.
6	Volkswagen Golf	789 519 шт.
7	Honda CR-V	747 646 шт.
8	Volkswagen Polo	725 463 шт.
9	Toyota Camry	661 383 шт.
10	Chevrolet Silverado	651 090 шт.

Проблема токсичности выхлопных газов и дымность являются следствием несовершенства конструкции двигателя внутреннего сгорания.

В настоящее время, основными критериями при производстве, сертификации автомобильного двигателя государственными органами и эксплуатации выступают Европейские нормы «ЕВРО». В табл. 3 приведены европейские стандарты выхлопных газов для легковых автомобилей.

По сравнению с ЕВРО-5 в новом стандарте ЕВРО-6 примерно на 67% снижено предельно допустимое значение твердых частиц в выхлопных газах грузовых автомобилей, а предельно допустимое значение выбросов оксида азота на 80%.

Кроме того, нужно отметить, что двигатели внутреннего сгорания не совсем эффективны в полном смысле слова. Они постоянно теряют тепло в системе охлаждения и еще больше через выпускную

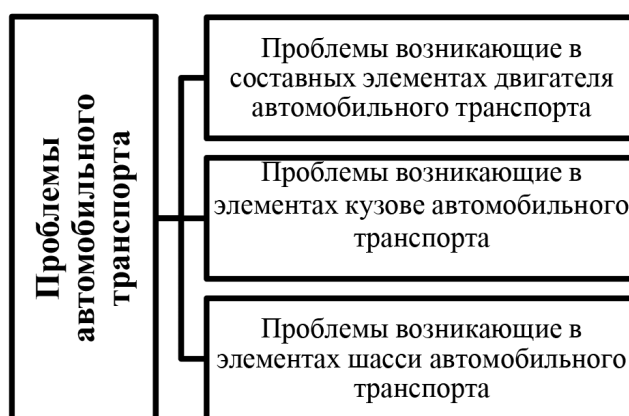


Рис. 1. Проблемы автомобильного транспорта

Следует отметить, что данные ограничения выбросов в атмосферу токсичных газов ЕВРО-6 вступили в силу с 1 января 2014 года в Евросоюзе и распространяются на все современные тяжелые грузовые автомобили.

систему, поэтому бензиновые двигатели с искровым зажиганием никогда не используют более 38% химической энергии, заключенной в топливе для полезной работы, заключающийся в движении автомобиля. Дизели немного лучше, имея максималь-

Таблица 3
Европейские стандарты выхлопных газов для легковых автомобилей, г/км [6]

Стандарт	CO	THC	NMHC	NOx	HC+NOx	PM	P [г/км]
Дизельный двигатель							
ЕВРО-5	0,50	-	-	0,180	0,230	0,005	6x1011
ЕВРО-6	0,50	-	-	0,080	0,170	0,005	6x1011
Бензиновый двигатель							
ЕВРО-5	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005*	-
ЕВРО-6	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005*	6x1011
*До введения ЕВРО-5, легковые автомобили менее 2500 кг сертифицировались, как легкие коммерческие автомобили категории N1-I							
** Применяется только к транспортным средствам с системами непосредственного впрыска							
Условные обозначения: CO – углекислый газ, THC – углеводород, NMHC – летучие органические вещества, NOx – оксид азота, PM – взвешенные частицы.							

ную эффективность около 42 %. Но некоторые двигатели имеют значительно худшие показатели, связанные с их внутренними «паразитными» потерями. Эти потери обусловлены всасыванием, трением, сопротивлением воздуха и могут быть очень значительными [7].

Для соответствия к предъявленным ЕВРО нормам, а также для компенсации недостатков, имеющиеся в конструкции двигателей, автопроизводители предпринимают меры по их совершенствованию. В частности, к таким мерам относится совершенствование газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания.

Главная функция распределительного вала – управления клапанным механизмом. Форма или профиль кулачков распределительного вала является основным фактором, определяющим рабочие характеристики двигателя [8].

Эффективная организация газообменного процесса в двигателе определяется через коэффициент наполнения двигателя, что обеспечить своевременное поступление горючей смеси и повысит коэффициент наполнения цилиндров.

$$\eta_v = \frac{M_1}{M_0}.$$

Значение коэффициента наполнения зависит от давления воздуха или горючей смеси в конце процесса всасывания. Чем выше данный коэффициент тем выше коэффициент наполнения. Высокий коэффициент наполнения приводит к полному сгоранию горючей смеси и снижению уровня отравляющих газов.

Увеличение количества отработанных – остаточных газов в цилиндре, оказывает вредное влияние к коэффициенту наполнения цилиндра свежим зарядом. В результате снижается значение коэффициента наполнения цилиндра, ухудшая не только экологические показатели, но и технические.

Одним из путей обеспечения требуемого уровня газообменного процесса является увеличение числа клапанов и распределительного вала. Ниже в рисунках указаны практикуемые системы расположения клапанов.

Некоторые производители, в частности Компания «Maserati» в своих автомобилях практикует шестиклапанный газораспределительный механизм, с двумя распределительными валами, рис. 3.



Рис. 2. Схема расположения клапанов в цилиндре

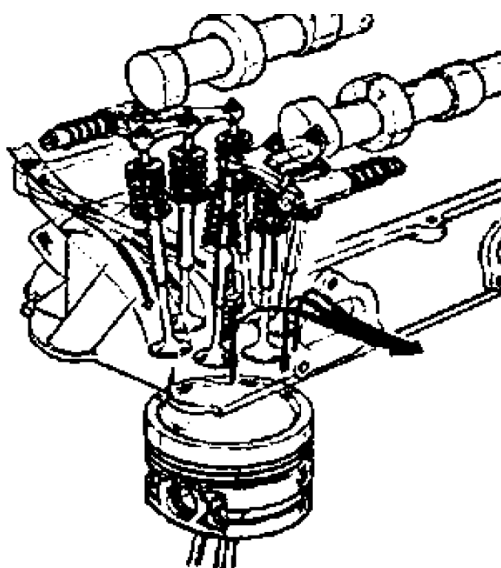


Рис. 3. Шестиклапанный газораспределительный механизм двигателя внутреннего сгорания Компании «Maserati»

В целом, для соблюдения соответствия к ЕВРО нормам производителями используются инновационные технологии для ДВС и революционные решения в сфере нейтрализации отработавших газов. Со времени первого стандарта до момента введения ЕВРО-5 и -6 удалось добиться многократного снижения выброса вредных веществ, в том числе окиси углерода СО (угарного газа) – от 2,72 до 9,3 раза, оксидов азота (NOx) от 2,4 до 7,9 раза, взвешенных частиц – от 20 до 50 раз.

ЕВРО-6 направлен против вредоносного влияния на здоровье людей и окружающую среду дизельных двигателей, прежде всего против высокого уровня содержания оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу при их работе.

Совершенствования газораспределительного механизма путем увеличения числа клапанов и распределительного вала имеют ряд преимуществ и недостатков.

Увеличение числа клапанов благотворно влияет на процессы впуска свежего заряда, выпуска отработанных газов и увеличивает коэффициент наполнения цилиндра. Однако, увеличивает структурных элементов, способствует повышению общего веса двигателя, усложнению привода газораспреде-

лительного механизма, увеличению времени на техническое обслуживание и ремонта данного механизма, а также увеличивает цены силовой установки.

Список литературы

1. Статистика производства новых автомобилей в 2018 году. [Электронный ресурс]. – URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/2018/>. (дата обращения: 15.03.2019 г.).
2. Сколько всего автомобилей на земле? [Электронный ресурс]. – URL: <https://top-tuning.ru/avtonovosti/>. (дата обращения: 14.03.2019 г.).
3. Статистика производства новых автомобилей в 2018 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/2018/>. (дата обращения: 15.03.2019 г.).
4. Мировая статистика автопродаж. [Электронный ресурс]. – URL: <https://proautomoto.com/category/188-2018>. (дата обращения: 14.03.2019 г.).
5. Современные экологические «Евро-6» нормы в автотранспорте. Нарзуллаев К.С., НамИСИ, Узбекистан // Современные научные исследования и разработки: Электронное научно-практическое периодическое издание. – 2018. – № 5 (22). Т. 1. – С. 458–459.
6. Экологические стандарты Евро [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.autoopt.ru/>. (дата обращения 09.03.2019 г.).
7. Дэниэлс Дж. Современные автомобильные технологии / Дж. Дэниэлс. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 223 с. ил.
8. Холдерман Джеймс Д. и Митчелл Чейз Д. мл. Автомобильные двигатели. Теория и техническое обслуживание. – М., 2006. – 650 с.